



IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE
OPORTUNIDADES PARA A
VALORIZAÇÃO DA BORRA DO CAFÉ NO
MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

Mayra Rangel Gewandsznajder
Pedro Francisco Bussad Pires

Projeto de Final de Curso

Orientador

Prof. Fábio de Almeida Oroski, D.Sc

Julho de 2020

IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE OPORTUNIDADES PARA A VALORIZAÇÃO DA BORRA DO CAFÉ NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

Mayra Rangel Gewandsznajder

Pedro Francisco Bussad Pires

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Aprovado por:

Karen Signori Pereira, D.Sc.

Mariana Doria, D.Sc.

Orientado por:

Fábio de Almeida Oroski, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Julho de 2020

Gewandsznajder, Mayra Rangel.

Pires, Pedro Francisco Bussad.

Identificação e avaliação de oportunidades para a valorização da borra do café no contexto de metrópoles brasileiras/Mayra Rangel Gewandsznajder e Pedro Francisco Bussad Pires; Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2020.

x, 115 p.; il

Projeto Final – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2020.

Orientador: Fábio de Almeida Oroski

1. Borra de café. 2. Valorização de resíduos. 3. Economia Circular. 4. Projeto Final de Curso (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Fábio de Almeida Oroski I. Identificação e avaliação de oportunidades para a valorização da borra do café no contexto do município do Rio de Janeiro.

Às nossas famílias.

AGRADECIMENTOS

Mayra Rangel Gewandsznajder

Gostaria de agradecer, primeiramente, à minha família. Aos meus pais, Márcio e Solange e ao meu irmão Vitor, por todo o suporte, amor e paciência que tiveram comigo ao longo desses anos. Muito obrigada pela educação incrível que me deram, pelas oportunidades que me proporcionaram e por sempre torcerem pela minha felicidade e me incentivarem a buscá-la, aonde quer que ela esteja. Amo vocês!

Agradeço ao meu namorado e parceiro neste trabalho e na vida, Pedro Bussad, que é o meu porto seguro. Obrigada por me trazer leveza aos momentos de nervosismo, confiança nos momentos que eu precisava e por estar sempre presente, crescendo junto comigo, desde o day one.

Não posso deixar de agradecer às amizades que a UFRJ me proporcionou. Aos meus amigos do Mural, Júlia, Lucas, Estevão, Pietro, Andressa, Carol, Tatiana, Bernardo e Labruna, agradeço pela companhia e ajuda nos momentos mais difíceis do caminho, pelas ajudas pré-prova, pelos desesperos compartilhados, pelos churrascos, viagens e pelas Booms. Sem vocês estes anos definitivamente não seriam os mesmos. Vocês foram o incentivo e a motivação para que eu pudesse chegar ao fim dessa jornada, muito obrigada!

Obrigada também aos meus amigos de intercâmbio Bruna e Rafael, pelas soirées, jantares, viagens e estudos que passamos juntos. Muito obrigada também a todos os amigos que fiz no grupo de caronas Recreio-Fundão, por trazerem leveza e risadas às horas passadas nos engarrafamentos da Linha Amarela. Sem este grupo não sei se chegaria aonde cheguei. Meu agradecimento também à Escola de Química e ao INSA Toulouse e a todos os seus professores e funcionários por me fornecerem uma formação de qualidade, apesar dos desafios.

Por fim, agradeço ao professor e orientador Fábio Oroski, que nos guiou durante este projeto final, sempre nos incentivando e contribuindo da melhor maneira possível. Sua orientação, seriedade e confiança ao longo deste trabalho foram essenciais para que ele tomasse forma.

AGRADECIMENTOS

Pedro Francisco Bussad Pires

Gostaria de agradecer primeiramente à minha família, minha mãe, Valéria, meu pai, Jerri e minha irmã, Gabriela, pelo amor e companheirismo que compartilhamos em casa. Agradeço também à Geodiva, por todo o cuidado e amor que teve comigo ao longo da minha vida. Esse trabalho, assim como a minha graduação, é uma declaração de amor a vocês.

Agradeço à minha namorada, melhor amiga, parceira de vida e de TCC, Mayra, por todos os momentos que compartilhamos ao longo de (quase) toda a nossa graduação. Espero poder retribuir todo o seu apoio, os conselhos e, se necessário, enfrentar junto dela nervosismos e inseguranças quanto à carreira profissional. Acima de tudo, agradeço pelo seu amor e carinho incondicionais.

Não poderia deixar de agradecer aos grupos de amigos que criei ao longo do curso, em especial ao Mural, cujo dia de criação está entre os dias mais memoráveis da minha graduação. Júlia (melhor professora em momentos de desespero), Bernardo, Labruna, Pietro, Estevão, Lucas, Andressa, Carol e Tati, muito obrigado pela companhia, pelos conselhos, pelas risadas e pelas chopadas. Agradeço ao Matt, pelas caronas divertidíssimas, pelas idas ao cinema e pelo companheirismo, que me motivou e deixou as minhas idas ao Fundão mais leves. Muito obrigado, também, aos meus amigos do intercâmbio, Bruna, Rafael, Guilherme e Igor. Sem vocês essa experiência não teria sido tão especial quanto foi. Obrigado pelas soirées, viagens e pelos dias de tensão pré-prova. Sem todos vocês eu não chegaria até aqui.

Gostaria de agradecer a todos que foram responsáveis diretos pela minha formação como profissional. Agradeço, em especial, ao Prof. Fábio Oroski que nos orientou brilhantemente como um maestro ao longo desse trabalho e nos incentivou bastante. Obrigado a toda a equipe de professores e funcionários do INSA – Toulouse, por me proporcionarem uma educação de qualidade e uma experiência de vida.

Por fim, agradeço à Universidade Federal do Rio de Janeiro, todos os seus professores, funcionários e alunos pelos ensinamentos. A vivência nestes últimos 7 anos de graduação foi determinante para minha formação como cidadão e graças à Universidade, me sinto capaz de enfrentar daqui em diante qualquer barreira profissional. Tenho orgulho de ter estudado em uma Universidade Pública e de qualidade.

Resumo do Projeto de Final de Curso apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Identificação e avaliação de oportunidades para a valorização da borra do café no município do Rio de Janeiro

Mayra Rangel Gewandsznajder
Pedro Francisco Bussad Pires

Julho, 2020

Orientador: Prof. Fábio de Almeida Oroski, D.Sc.

Estima-se que entre 30-50% de todo alimento produzido no mundo seja transformado em resíduo sólido. Os problemas causados pela geração, acúmulo e destinação inadequada destes resíduos na sociedade ficam mais evidentes à medida que a quantidade dos resíduos aumenta, gerando problemas de espaço para seu descarte e de emissões poluentes. A borra do café representa uma parte significativa destes resíduos. O café é a segunda bebida mais consumida no mundo e estima-se que cerca de 9 bilhões de quilos deste alimento sejam consumidas por ano mundialmente. A maior parte da borra gerada por este consumo tem como destino a disposição final em aterros sanitários e lixões. Para cada tonelada de borra decomposta, 340m³ de metano são liberados no meio ambiente, gerando um importante impacto ambiental. A borra de café, entretanto, é uma fonte rica em compostos que podem ser aproveitados em diferentes ramos da indústria. A preparação de uma xícara de café extrai menos de 1% dos compostos do café, enquanto os outros 99% ficam retidos na borra, o que justifica o seu forte potencial de valorização. Este trabalho tem o objetivo, então, de mapear e analisar as oportunidades de aproveitamento da borra de café de acordo com a realidade da cidade do Rio de Janeiro. Este estudo visa atuar de três formas nesta questão. Primeiramente, buscam-se novas oportunidades de valorizar este resíduo por meio de pesquisa bibliográfica. Em seguida, para entender se já existem modelos de negócios estruturados neste ramo, faz-se uma busca por empresas atuantes neste setor e uma análise de suas atividades. Por fim, para entender o montante de borra de café gerada no Rio de Janeiro e como ela é destinada, este trabalho consultou algumas padarias e cafeterias da cidade por meio de entrevistas. Com estes dados, fez-se uma análise de quais seriam as melhores tecnologias a serem aplicadas no contexto da cidade do Rio de Janeiro. Como resultado, a revisão bibliográfica deste trabalho retornou uma extensa gama de oportunidades para a valorização da borra do café. Algumas delas são óleos para indústria cosmética, farinhas para indústria alimentícia, biopolímeros e biocombustíveis, como o biodiesel e o bioetanol. Percebeu-se, também, que embora incipientes, já existem algumas iniciativas atuando comercialmente na valorização deste resíduo. A partir das etapas seguintes do trabalho, descobriu-se que algumas das aplicações levantadas encontram grandes desafios para serem implementadas, principalmente no que tange ao sistema logístico de coleta da borra. Este trabalho mostra que a geração de borra no município do Rio de Janeiro seria suficiente para suprir um negócio de pequena ou média escala, como o uso deste resíduo para a produção de objetos artesanais, na agricultura doméstica ou até mesmo pequenas plantas de produção de insumos para indústria cosmética ou alimentícia. Entretanto, não conseguiria ser implementado um modelo de produção de biocombustíveis em larga escala, por exemplo.

Índice

Capítulo I – INTRODUÇÃO	11
Capítulo II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
II.1. Economia Circular, Bioeconomia e Desenvolvimento Sustentável	17
II.2. Cadeia Produtiva do Café	22
II.2.1. Tipos de café	22
II.2.2. Mercado Brasileiro	23
II.2.3. Cadeia Produtiva do Café	26
Capítulo II – METODOLOGIA	34
II.1. Análise de Artigos e Reviews	35
II.2. Análise de Empresas	39
II.3.2 Entrevistas e Análises Geográficas: Oportunidades no caso Rio de Janeiro	42
Capítulo IV – MAPEAMENTO DAS OPORTUNIDADES DE VALORIZAÇÃO DA BORRA DO CAFÉ	46
IV.1. Composição da borra do café	46
IV.2. Componentes reaproveitáveis da borra do café	47
IV.2.1. Óleos/Lipídeos	47
IV.2.2. Polissacarídeos	47
IV.2.3. Proteínas	48
IV.2.4. Compostos fenólicos	48
IV.2.5. Taninos	49
IV.2.6. Cafeína	49
IV.3. Alternativas aplicadas para destinação da borra de café	50
IV.3.1. Aterros e Lixões	51
IV.3.2. Incineração	52
IV.3.3. Compostagem e Fertilizantes	53
IV.3.4. Ração Animal	54
IV.3.5. Biocombustíveis e energia	55
IV.3.6. Indústria Alimentícia	61
IV.3.7. Indústria Cosmética e Farmacêutica	64
IV.3.8. Biopolímeros	65
IV.3.9. Adsorventes	67
IV.3.10. Análise das alternativas	67
IV.4 Casos implementados e desafios encontrados	74
IV.4.1. Análise comparativa dos modelos de negócio	84
V. POTENCIALIDADE DA VALORIZAÇÃO DA BORRA DE CAFÉ NO RIO DE JANEIRO	88
V.1. Distribuição geográfica de padarias e cafeterias	88
V.2. Resultado das entrevistas com as cafeterias	90
V.3. Oportunidades e desafios da implementação de um sistema de aproveitamento da borra de café no município do Rio de Janeiro	93

VI. CONCLUSÃO	102
VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Análise temporal das publicações sobre a valorização da borra do café (Scopus, 2019).	12
Figura 2 - Formas de Recirculação de Recursos (CNI, 2019).....	18
Figura 3 - Barreiras para a transição para uma economia circular no Brasil (adaptado de CNI, 2019)	20
Figura 4 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (ONU, 2015).....	22
Figura 5 - Histórico da produção total de café no Brasil (CONAB, 2019).....	24
Figura 6 - Evolução do consumo interno de café no Brasil (ABIC, 2018).....	25
Figura 7- Exportações de borra por ano-safra (Cecafé, 2019).....	25
Figura 8 - Divisão do consumo de café por categorias (adaptado de ABIC, 2018).....	26
Figura 9 - Esquema da cadeia produtiva do café (Elaboração própria).....	27
Figura 10 - Diagrama de blocos das etapas de produção do café moído (Adaptado de BASSETTO et al., 2016).....	27
Figura 11 - Esquema das etapas de produção do café solúvel (ABICS, 2019).....	28
Figura 12 - Mapa das origens produtoras de café no Brasil (BSCA, 2019).....	31
Figura 13- Etapas da metodologia.....	34
Figura 14 - Elementos do modelo de negócio (Adaptado de Teece, 2010).....	40
Figura 15 - Questionário para entrevista com os estabelecimentos visitados.....	44
Figura 16 - Decomposição anaeróbia da borra do café em aterros sanitário (Adaptado de EMBRABA, 2010).....	52
Figura 17 – Processo de produção de biodiesel a partir da borra do café (Traduzido de Karmee, 2018).....	56
Figura 18 -Resultados da liquefação e pirólise da borra do café (Adaptado de Karmee et al., 2018)	58
Figura 19 - Organograma oportunidades de utilização da borra do café.....	68
Figura 20 - Aplicações da borra de café pela S. cafe (Adaptado de S.Café, 2017).....	80
Figura 21 - Composição e propriedades do Kaffe Bueno Oil (Kaffe Bueno, 2019).....	81
Figura 22 - Ciclo da borra de café na Kaffe Bueno (Kaffe Bueno, 2020).....	83
Figura 23 - Esquema de produção da Recoffee Design (Recoffe Design, 2019).....	84
Figura 24 -Distribuição geográfica das padarias na cidade do Rio de Janeiro (Economapas, 2019)	89
Figura 25 - Resultado da busca de cafeterias no Google Maps.....	90
Figura 26 - Diagrama de blocos da produção de biodiesel a partir da borra do café (Adaptado de KOOKOS, 2018).....	97
Figura 27 - Resumo de alternativas vs. barreiras (Elaboração própria, 2020).....	101

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - 10 maiores Indústrias de Café Associadas da ABIC em 2017 (ABIC, 2018).....	32
Tabela 2 - Passo a passo da metodologia de pesquisa.....	37
Tabela 3 - Artigos e reviews escolhidos na prospecção.....	38
Tabela 4- Empresas atuantes na valorização da borra de café.....	39
Tabela 5 - Pontos mapeados na análise das empresas.....	42
Tabela 6 - Cafeterias entrevistadas.....	43
Tabela 7 - Composição da borra do café (ZABANIOTOU et al., 2019).....	46
Tabela 8 - Barreiras tecnológicas e não-tecnológicas para aproveitamento da borra de café.....	71
Tabela 9 - Análise comparativa das alternativas.....	73
Tabela 10 - Resumo das empresas que utilizam borra de café.....	75
Tabela 11 - Quadro comparativo de modelos de negócio.....	85
Tabela 12 - Tipos de negócios de valorização da borra do café.....	87
Tabela 13 - Distribuição de padarias no município do Rio de Janeiro (Economapas (2019) e Bairros Cariocas (2018)).....	89
Tabela 14 - Respostas da pesquisa com cafeterias.....	91
Tabela 15 - Geração de borra de café no Rio de Janeiro por estrutura.....	95
Tabela 16 - Viabilidade de implementação dos modelos de negócio em relação a disponibilidade de borra de café.....	96
Tabela 17 - Resumo de barreiras por grupo de oportunidades para a valorização da borra de café no município do Rio de Janeiro.....	100

Capítulo I – INTRODUÇÃO

Um das grandes preocupações da sociedade moderna é a destinação dos resíduos gerados por atividades humanas. O destino dado ao lixo é uma questão de saúde pública e um problema ambiental, assim como de cidadania e respeito ao espaço de todos. Este tema tem despertado a atenção da sociedade atual, atores da esfera pública e privada, assim como organizações da sociedade civil, que buscam soluções para enfrentar o desafio do desenvolvimento sustentável¹, que consiste em atender as necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1987).

Com o crescimento da preocupação com os problemas ambientais, tem crescido a discussão em torno da destinação, redução e do reaproveitamento de resíduos. Porém, a sua reutilização e a otimização de processos visando o seu reaproveitamento apresentam impactos positivos não apenas sobre o meio ambiente como também sobre a sociedade. Um exemplo disto é a reciclagem de resíduos urbanos, que pode agregar valor e viabilizar novas fontes de renda para muitos trabalhadores.

Desta forma, as chamadas “tecnologias limpas” e o reaproveitamento de resíduos, de uma maneira geral, podem agregar valor econômico para os produtos, subprodutos e resíduos dos processos produtivos, diminuindo os impactos sobre o meio ambiente, estimulando a não geração de resíduos, a reciclagem de matérias-primas e/ou de subprodutos e evitando a geração de passivos ambientais (CABRAL, 2010).

O tema é tão relevante que a pauta “Consumo e Produção Responsáveis” se tornou uma das 17 metas da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Entre as metas está o objetivo de reduzir pela metade o desperdício de alimentos per capita mundial e minimizar substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso. De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (PNRS), publicado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), foram gerados, no Brasil, cerca de 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos em 2018, o que representa a geração de, em média, 1kg/dia de resíduos por habitante. Ainda, conforme o Panorama da Gestão de Resíduos, publicado pela ONU Meio Ambiente (2017), na América Latina, 90% dos resíduos gerados não são

¹ Desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento).

reaproveitados e 50% dos resíduos urbanos gerados são orgânicos.

Um dos resíduos orgânicos que é gerado em grandes quantidades e, portanto, precisa ter alternativas avaliadas para o seu descarte é a borra do café, cujo reaproveitamento se apresenta como uma potencialidade ainda pouco explorada no mundo. Existem atualmente diversos estudos sobre a reutilização desse resíduo para fins alternativos ao descarte, tais como o seu uso como fertilizantes ou na produção de biocombustíveis (ATABANI et al., 2019), podendo o Brasil ter grandes oportunidades nesse contexto.

A figura 1 representa a análise temporal de publicações na base de artigos Scopus acerca do aproveitamento da borra do café desde 2007. Aproximadamente 96% das publicações datam de 2011 em diante, apresentando crescimento exponencial desde então. O aumento no número de publicações nos últimos 10 anos reforça o crescimento do interesse da academia sobre o tema e pode ser justificada pela crescente preocupação com as questões ambientais e, logo, maiores investimentos no desenvolvimento de tecnologias para o reaproveitamento destes recursos.

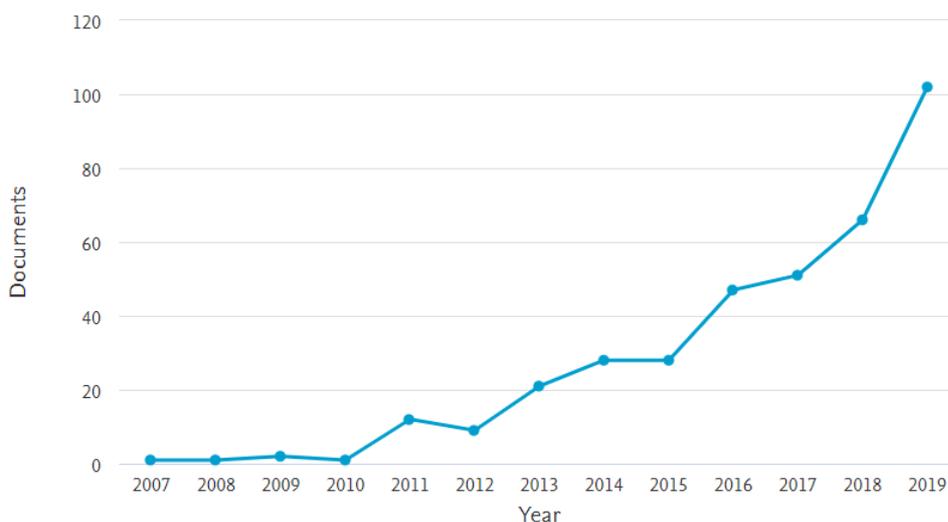


Figura 1 - Análise temporal das publicações sobre a valorização da borra do café (Scopus, 2019)

O café, por sua vez, ocupa posição de destaque nas exportações do Brasil desde o início do século XX e é um dos produtos mais representativos da economia brasileira com relevante participação no desenvolvimento nacional, sendo responsável pela renda de muitas famílias. O país é o maior produtor e exportador de café e o segundo maior consumidor da bebida no mundo. De 2012 a 2017 as exportações do complexo café – verde,

solúvel, torrado e moído, totalizaram 200 milhões de sacas, gerando US\$ 35 bilhões de divisas para o país. Em 2019, o Brasil atingiu a produção de 51 milhões de sacas (CONAB, 2019a), o que conferiu ao país uma participação de aproximadamente 30% no mercado mundial (Embrapa, 2019). Em 2017 as exportações foram de 30,9 milhões de sacas com uma receita de US\$ 5,24 bilhões, ocupando a 5ª posição entre os produtos mais exportados pelo agronegócio brasileiro. A cadeia produtiva de café é responsável também pela geração de mais de 8 milhões de empregos no país de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (MAPA, 2018).

O café é o segundo produto alimentício mais comercializado no mundo, consumido nas mais diversas regiões e de formas diferentes, seja como grão, pó ou solúvel, de acordo com a cultura de cada povo (TAKE COFFEE, 2018). Segundo dados de 2018 da Associação Brasileira de Indústria de Café (ABIC), no Brasil, 95% da população consumiu o produto, sendo o consumo médio anual per capita de 839 xícaras (de 40 ml).

A produção e o consumo do café no país reforçam o potencial econômico e ambiental da reutilização da borra do café no Brasil. A borra do café provém basicamente de duas principais fontes: do café preparado e consumido nas residências e estabelecimentos comerciais e da indústria de café solúvel.

De acordo com a consultoria Euromonitor (2018), o Brasil responde atualmente por 16% do volume total de café consumido mundialmente. Em 2018 o consumo interno total de café no Brasil, incluindo café solúvel, chegou a 21 milhões de sacas, que equivalem a um milhão de toneladas de café torrado (considerando uma saca de 48 quilos, pois após a torrefação e a moagem, o café verde perde umidade), representando um crescimento de 4,8%, com relação ao ano anterior. O consumo de café torrado/moído, sem incluir o solúvel, foi de 19,9 milhões de sacas, que corresponde a 0,95 milhão de toneladas (Associação Brasileira da Indústria de Café – ABIC, 2018).

Já na indústria de café solúvel, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria do Café Solúvel (ABICS, 2020), as exportações do produto atingiram 4 milhões de sacas (92 mil toneladas) em 2019 no país. Além disso, também foram produzidos para o consumo doméstico 0,9 milhão de sacas, totalizando a produção de 4,9 milhões de sacas (113 mil toneladas) de café solúvel em 2019 (ABICS, 2020). Sabe-se que, uma tonelada de café verde libera, em média, 480 kg de borra, assumindo-se 20% de perda na torrefação e 40%

de eficiência na extração (ADAMS & DOUGAN, 1987). Sabe-se também que para produzir 1 quilo de café solúvel são necessários 2,6 quilos de café verde (ABICS, 2019).

Assim, estima-se que o Brasil gere em média, por ano, 141,3 mil toneladas de borra de café na indústria do café solúvel, mais cerca de 1 milhão de toneladas de borra provenientes do consumo do café moído e torrado, totalizando 1,1 milhão de toneladas de borra de café por ano que são, em sua quase totalidade, descartadas como lixo comum em aterros sanitários, sobrecarregando os aterros e desperdiçando um grande potencial de aproveitamento desse resíduo.

A borra de café possui uma composição extremamente rica, contendo cafeína, taninos, polifenóis, lipídeos, minerais, entre outras substâncias de alto valor agregado (CAMPOS-VEGA et al., 2015). A presença desses compostos permite seu uso como ração animal, adubo e como combustível, em substituição e/ou adição à lenha (VEGRO et al., 2006). Os resíduos de café contêm grandes quantidades de compostos orgânicos (ácidos graxos, lignina, celulose, hemicelulose e outros polissacarídeos) que possibilitam que a borra seja reaproveitada nas mais diversas aplicações, como insumos para a bioeconomia² e por vezes se tornando um agente na economia circular.

Um das possíveis aplicações da borra do café é o seu uso como ração animal, visto que é rica em proteínas e polissacarídeos. Entretanto, a borra é pobre em alguns aminoácidos essenciais, logo deve ser complementada com outros tipos de ração. (VIOTTO,1991).

A borra também pode ser utilizada como adubo nas plantações, podendo ser diretamente disposta ao solo, de forma úmida ou seca, graças à sua alta porcentagem de matéria orgânica e elevada quantidade de potássio. Entretanto, sua composição orgânica e mineral afeta a sua eficiência como adubo, devido à baixa quantidade de nitrogênio e a sua acidez, aproximadamente pH de 4,2, que são um inconveniente para este fim (CABRAL, 2010).

Na indústria alimentícia, a borra pode ser utilizada na fabricação de biscoitos devido a sua elevada quantidade de fibras alimentares (MARTINEZ-SAEZ et al., 2017). Ainda,

² Engloba toda a cadeia de valor da aplicação de recursos biológicos e renováveis em processos industriais para gerar atividade econômica circular e benefício social e ambiental coletivo. (Associação Brasileira de Bioinovação)

pode-se utilizá-la como fonte de energia na própria indústria de café solúvel, prática circular, similar às utilizadas em indústrias sucroalcooleiras, que aproveitam o bagaço da cana para a cogeração de energia (MARTINEZ-SAEZ et al., 2017).

No entanto, apesar dos inúmeros benefícios pretendidos pela utilização da borra do café, é preciso mapear os desafios associados ao seu uso como, por exemplo, a logística de coleta deste resíduo. Para efeito de simplificação, pode-se organizar os desafios intrínsecos a este negócio em culturais, tecnológicos e não tecnológicos.

Entende-se como barreiras culturais os entraves resultantes dos hábitos e comportamentos dos consumidores de café. Para muitas das potencialidades explicitadas serem executadas, é preciso conscientizar os consumidores a separar a borra do lixo comum, o que não é feito na maioria das casas e comércios brasileiros, como cafeterias, bares e padarias.

As barreiras tecnológicas seriam os entraves relacionados principalmente aos métodos de separação das substâncias presentes na borra. A borra do café possui diversos compostos que podem ser reaproveitados e, muitas vezes, os procedimentos de separação de cada um deles são conflitantes. Dessa forma, é preciso que a rota de aproveitamento da borra seja muito bem planejada, de modo que ela seja específica e competitiva para a aplicação que se quer dar ao resíduo. Além disso, muitos processos para a valorização deste resíduo podem ser custosos e demandar uma infraestrutura que requer altos investimentos, o que deve ser levado em consideração na avaliação dessas oportunidades.

Entende-se por barreiras não tecnológicas, as barreiras operacionais como a integração da cadeia de suprimentos, além de todos os entraves relacionados aos fluxos físicos de produtos, como disponibilidade de recursos no nível operacional (coleta) e infraestrutura. Assim, a coleta da borra para aplicação em escala industrial deve ser avaliada financeiramente, principalmente no que se refere aos custos logísticos do processo.

A partir dos pontos discutidos, alguns questionamentos podem ser levantados: Como as oportunidades relacionadas ao reaproveitamento da borra do café podem ser exploradas de forma a gerar benefícios econômicos e ambientais? E ainda, quais as iniciativas já existentes e de que forma poderiam ser aplicadas no Brasil, mais especificamente no caso do Rio de Janeiro?

Nesse contexto, o objetivo principal desse trabalho é identificar e explorar as oportunidades para o aproveitamento da borra de café, mapeando as tecnologias e as iniciativas que já estão em curso e também discutir soluções que podem ser econômica e logisticamente viáveis de serem implementadas no contexto de metrópoles brasileiras, mais especificamente no caso do Rio de Janeiro.

Para atender a esse objetivo principal, foram traçados alguns objetivos específicos, dentre os quais:

- Estruturação de uma visão geral da indústria de café no Brasil, entendendo o seu mercado e os processos produtivos envolvidos;
- Busca de rotas tecnológicas e alternativas para a valorização da borra de café;
- Identificação de desafios tecnológicos e não tecnológicos para a implementação das alternativas levantadas;
- Análise do comportamento de estabelecimentos geradores de borra de café, tais como cafeterias e padarias.

Este projeto se desenvolverá em mais 5 capítulos, além desta introdução: Revisão Bibliográfica, Metodologia, Mapeamento e Análise das Oportunidades e Barreiras, Potencialidade de Aplicação no Rio de Janeiro e Conclusão. A revisão bibliográfica trará um panorama da cadeia e do mercado do café no Brasil, assim como definições de outros conceitos importantes para o desenvolvimento deste trabalho. O capítulo de metodologia busca descrever como o conteúdo deste projeto foi elaborado. O quarto capítulo trará as possibilidades que vêm sendo estudadas e aplicadas no que tange à valorização da borra do café, assim como os desafios para a sua viabilização. No quinto capítulo, será abordado o contexto da cidade do Rio de Janeiro, mapeando-se as oportunidades mais promissoras para o aproveitamento da borra no município. Finalmente, a conclusão trará os principais resultados encontrados no trabalho, assim como reflexões sobre os principais desafios relacionados ao aproveitamento desse tipo de resíduo alimentar.

Capítulo II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem o objetivo de gerar um entendimento sobre as oportunidades existentes, assim como de suportar as análises que serão realizadas neste trabalho, sendo dividido em três seções. A primeira abordará os conceitos de economia circular, sustentabilidade e bioeconomia. Em seguida, será apresentada uma breve análise do mercado de café no Brasil. Por último, será apresentado um breve estudo da cadeia produtiva e de consumo do café para o melhor entendimento sobre as atividades responsáveis pela geração da borra.

II.1. Economia Circular, Bioeconomia e Desenvolvimento Sustentável

A superexploração dos recursos naturais por muito tempo pautou o desenvolvimento acelerado da indústria e o crescimento econômico através de um modelo linear baseado na retirada de matéria-prima, transformação da mesma e posterior descarte de resíduos. A continuidade deste modelo poderá levar, em alguns anos, ao esgotamento de reservas naturais e ao agravamento de problemas ambientais já existentes hoje, como as mudanças climáticas e a contaminação dos solos (CNI, 2019).

Diante deste cenário, o uso de recursos vem sendo repensado, de forma a permitir o desenvolvimento econômico de maneira sustentável. Assim, surge o conceito de economia circular, que implica em adotar uma perspectiva intersetorial em diferentes atividades industriais, onde os resíduos de uma cadeia produtiva são utilizados como insumos em outra cadeia (KLITKOU et al., 2019). Em uma economia circular, a atividade econômica contribui para a saúde geral do sistema. O conceito reconhece a importância de que a economia funcione em qualquer escala – para grandes e pequenos negócios, para organizações e indivíduos, globalmente e localmente (Ellen Macarthur Foundation, 2017).

Esse modelo busca reconstruir capital, seja ele financeiro, manufaturado, humano, social ou natural. Isto garante fluxos aprimorados de bens e serviços. É fundamental entender que quanto menor o ciclo, menor é a possibilidade de perda de valor do produto. Portanto, há uma sequência de prioridades em relação às formas de recirculação, sendo ela: manutenção, reuso, remanufatura e reciclagem, como mostra a figura 2 (CNI, 2019).

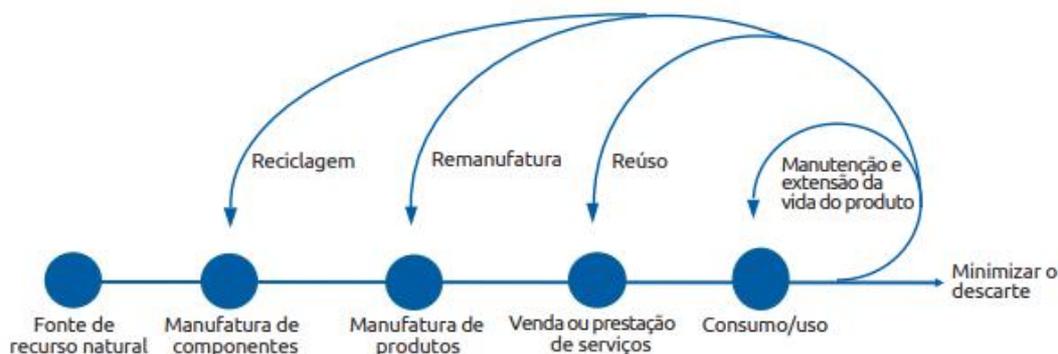


Figura 2 - Formas de Recirculação de Recursos (CNI, 2019)

O conhecimento sobre os modelos de negócio circulares e as tecnologias utilizadas podem ser traduzidas em oportunidades com resultados significativos para as empresas por meio da redução de insumos utilizados e dos custos de produção, menor custo com a destinação de resíduos, atração de consumidores conscientes, possibilidades de financiamentos, novos mercados, etc. Além disso, o entendimento de que o resíduo, boa parte das vezes, pode ser um recurso, leva a uma gestão que o valoriza, inserindo-o em uma cadeia de valor circular. (CNI, 2019).

Com base no relatório da Confederação Nacional da Indústria (CNI) “Caminho estratégico da economia circular no Brasil” (2019) alguns dos modelos de negócio de economia circular são:

- *Recuperação de recursos*: recuperação do valor e da função dos produtos, componentes ou materiais por meio de remanufatura ou reciclagem, reduzindo a demanda por matéria-prima virgem e evitando desperdício de componentes e materiais. Podem ser aplicados em circuito fechado em uma mesma cadeia produtiva ou em forma de cascata, direcionando resíduos e subprodutos para outras cadeias produtivas, onde haverá a maior recuperação de valor.

- *Produto como serviço*: fornecimento de serviços que supram as necessidades do consumidor sem que ele precise adquirir o produto. Outra possibilidade é incluir serviços junto à venda ou locação do produto, ficando a organização responsável pela manutenção e atualização (CNI, 2019).

- *Compartilhamento*: Procura intensificar e prolongar o uso de bens reduzindo a ociosidade. Neste modelo, entende-se que não é necessário ter a maioria dos produtos

vendidos no mercado e sim poder utilizá-los quando se precisa. A internet é uma ferramenta que facilita muito a possibilidade de compartilhar todo tipo de material. Existem diversos aplicativos focados nesse mercado, onde quem tem determinado objeto coloca-o à disposição para uso de outras pessoas cobrando determinado valor. (CNI, 2018).

· *Insumos circulares*: uso de matérias-primas recicladas e/ou de origem renovável, e produtos reconicionados, regenerados e remanufaturados. O sucesso deste modelo está relacionado ao uso de insumos puros, o que contribui para sua reutilização ou reciclagem. Objetiva manter os materiais na cadeia de valor reduzindo a necessidade de extração de recursos naturais. (CNI, 2019).

· *Extensão da vida do produto*: Consiste na substituição de componentes defeituosos ou que tenham se tornado obsoletos, podendo ser consertados ou atualizados por mais modernos, mantendo o uso e evitando o descarte de todo o produto por conta da substituição de um único componente. (CNI, 2019).

· *Virtualização*: Caracterizado pela desmaterialização. Por meio da oferta de produtos e serviços online, evita-se a construção de lojas físicas, o deslocamento de pessoas às lojas para consultar preços, fazer negociação e compra de produtos ou serviços, reduz-se a necessidade de documentos impressos e permite-se que prestadores de serviços façam atendimentos virtuais (CNI, 2019).

Dependendo do modelo de negócio faz-se necessária uma cadeia de valor que crie condições facilitadoras para que o negócio circular consiga explorar todo o seu potencial. Algumas das cadeias de valor propostas para os modelos circulares são o “desenho para a circularidade” e os “ciclos reversos” (CNI, 2019). A primeira propõe que um melhor aproveitamento dos recursos utilizados para a produção de bens comece no projeto dos produtos. Eles devem ser pensados para que possam ser remanufaturados, reformados ou reciclados, mantendo os componentes e materiais circulando no mais alto nível de valorização possível. Ao criar um produto, pensa-se sobre qual material pode ser utilizado para manter a sua funcionalidade, reduzindo os impactos negativos relacionados ao ciclo de vida (CNI, 2019). O conceito de ciclos reversos aborda o retorno do produto consumido para o fabricante ou reparador para manutenção, desmontagem, reprocessamento, montagem, reciclagem e redistribuição. Ou seja, envolve uma logística reversa, onde o produto, sua embalagem e ou seu resíduo podem ser remanufaturados e/ou desmontados, com suas partes

sendo direcionadas para a fabricação de outros produtos, ou tendo partes direcionadas para reciclagem, gerando matéria-prima secundária. (CNI, 2019).

Outras duas formas de valorizar os recursos utilizados nas atividades de produção são a simbiose industrial e a recuperação energética. (CNI, 2019). Na simbiose industrial a ideia principal é que o resíduo de uma indústria seja utilizado como matéria-prima de outra, de forma a “fechar o ciclo”. Esse modelo envolve esforços em logística, necessidade de infraestrutura e localização geográfica, uma vez que a facilitação do transporte com redução dos custos é primordial para que este funcione. A recuperação energética é uma opção para resíduos de difícil reutilização ou reciclagem, mas que têm alto poder calorífico ou geram gases combustíveis ao serem decompostos. Transformam-se, assim, rejeitos em energia térmica e energia elétrica.

Apesar de vantajosa, hoje, uma transição para uma economia circular no Brasil encontra diversas barreiras em várias esferas. A figura 3 traz alguns exemplos de entraves que dificultam esta transição (CNI, 2019).

Políticas Públicas	Educação	P&D e Inovação	Mercado
<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de políticas adequadas • Falta de incentivos para o reaproveitamento de resíduos • Barreiras regulatórias que limitam a utilização de reciclados 	<ul style="list-style-type: none"> • Consumidores não separam adequadamente os resíduos • Carência de profissionais qualificados para induzir a aplicação de modelos de negócio circulares na empresa 	<ul style="list-style-type: none"> • Produtos e embalagens não são criados com foco em recirculação • Limitada parceria entre o setor industrial e centros de pesquisa e desenvolvimento 	<ul style="list-style-type: none"> • Não há matéria-prima em quantidade e qualidade para a reciclagem • Apelo ao consumismo e preconceito com produtos reciclados • Falta de percepção das empresas sobre negócios circulares

Figura 3 - Barreiras para a transição para uma economia circular no Brasil (Adaptado de CNI, 2019)

Para que a Economia Circular ganhe escala e realize todo o seu potencial, é necessário criar as condições facilitadoras para essa transição, como educação de melhor qualidade, políticas públicas específicas, infraestrutura voltada à circularidade e tecnologias inovadoras. Percebe-se, então, que a execução de uma estratégia para implantação da Economia Circular no país depende do forte envolvimento dos governos, empresas, indústrias e comércios, assim como da população.

Diferentemente do conceito de Economia Circular, que engloba todo tipo de recurso e

indústria (a partir de fontes renováveis ou não), a bioeconomia envolve o uso sustentável de recursos biológicos renováveis para produzir alimentos, energia e bens industriais (Bioeconomy BW, 2019). O objetivo é oferecer soluções para a sustentabilidade dos sistemas de produção com vistas à substituição de recursos fósseis e não renováveis (FREITAS et al., 2019). Este conceito se relaciona com a definição de Economia Circular ao explorar o potencial inexplorado armazenado em milhões de toneladas de resíduos biológicos e materiais residuais.

A Bioeconomia envolve a produção de energias renováveis, plásticos biodegradáveis, biopolímeros, biopesticidas, pigmentos, alimentos funcionais e biofortificados até medicamentos, fragrâncias e cosméticos. Segundo dados da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), a Bioeconomia movimenta no mercado mundial cerca de 2 trilhões de euros e gera cerca de 22 milhões de empregos (SEBRAE, 2017)

Englobando as agendas de economia circular e de bioeconomia, está o conceito de desenvolvimento sustentável. Segundo Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento (1987), o desenvolvimento sustentável é definido como “aquele que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. Ou seja, é promover o desenvolvimento garantindo um equilíbrio entre as esferas econômica, ambiental e social, elementos fundamentais para o bem-estar dos indivíduos e das sociedades.

A ONU definiu, em 2015, 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), que consiste em uma lista de metas globais, dentro de uma agenda que propõe uma ação mundial coordenada entre os governos, as empresas, a academia e a sociedade civil, para erradicar a pobreza e promover vida digna para todos, dentro dos limites do planeta. Os ODS têm foco nos três pilares do desenvolvimento sustentável: crescimento econômico, inclusão social e proteção ao meio ambiente, e incluem temas como mudanças climáticas, consumo responsável, energia limpa, entre outros, como mostra a figura 4 (ONU, 2018).



Figura 4 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (ONU, 2015)

O reaproveitamento de resíduos orgânicos (a borra de café, inclusive) está estreitamente conectado com os conceitos de Economia Circular e Bioeconomia discutidos nesta seção, visto que é um processo que evita a geração de resíduos e produz insumos a partir de fontes renováveis e naturais.

II.2. Cadeia Produtiva do Café

Como o objetivo do presente trabalho é mapear as principais oportunidades para a utilização da borra do café, faz-se necessário inicialmente entender como está estruturada a cadeia produtiva brasileira do café, seja ele moído, torrado ou solúvel, bem como entender o mercado brasileiro, desde a produção do grão até a sua comercialização e consumo.

II.2.1. Tipos de café

O Brasil tem condições climáticas que favorecem o cultivo do café em 15 regiões produtoras. Essa diversidade garante cafés variados de Norte a Sul do País. Diante de diversos climas, altitudes e tipos de solo, os produtores brasileiros obtêm variados padrões de qualidade e aromas entre as duas espécies cultivadas no país, arábica e robusta, as quais apresentam uma grande variedade de linhagens (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2018).

O café arábica (*Coffea arabica L.*) permite ao consumidor degustar um produto mais fino e de melhor qualidade. A taxa de cafeína fica em torno de 1,4%. Esse tipo de café é cultivado em altitudes acima de 800 metros. Predomina nas lavouras de Minas Gerais, São

Paulo, Paraná, Bahia, Rio de Janeiro e em parte do Espírito Santo. Corresponde a três quartos da produção mundial de café (MAPA, 2018).

O café robusta ou conilon (*Coffea Canephora*) é usado principalmente para a fabricação de cafés solúveis e em algumas misturas com o arábica. Permite um café com aroma e sabor característicos, com taxa de cafeína de 2,5%. Apresenta um sabor único, menos acidez e teor de cafeína maior. Predomina nas lavouras do Espírito Santo, em Rondônia e em parte da Bahia e de Minas Gerais. (MAPA, 2018). Corresponde a cerca de um quarto da produção mundial do grão.

Atualmente, no Brasil, o café é comercializado de quatro formas:

- Em grãos: Exclusivos para serem moídos após a compra, em moedores manuais ou automáticos;
- Em pó: Apresentação mais comum, podendo ser utilizado em métodos com e sem filtro;
- Solúvel: Não precisa de equipamentos, sendo dissolvido diretamente na água quente;
- Em cápsulas: Só pode ser usado em máquina específica. O café vem torrado e moído, pronto para receber a água quente.

II.2.2. Mercado Brasileiro

Sendo importante em terras brasileiras desde a época do Império, o cultivo do café ocupa uma posição relevante tanto no mercado interno quanto no mercado externo, de modo que o país é o maior produtor mundial do grão (CONAB, 2019)

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017), a produção de café no Brasil ocupa uma área de 2 milhões de hectares com cerca de 300 mil produtores, predominando micro e pequenos³, em aproximadamente 1.900 municípios, distribuídos nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso, Amazonas e Pará.

Dentre os estados do Brasil que desenvolvem a cafeicultura, os que apresentam expressiva produção e contribuição econômica são, em ordem de importância, Minas

³ Propriedades até 50 hectares (art. 3º da Lei 11.428, de 2006)

Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia e Paraná. Atualmente, a produção da espécie arábica está concentrada no estado de Minas Gerais, como maior produtor, sendo responsável por mais de 60% da produção dessa espécie no país, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018). O Conilon é cultivado principalmente no Espírito Santo, concentrando quase 70% da produção nacional dessa espécie. (EMBRAPA, 2019).

De acordo com as estimativas da CONAB (2019), o Brasil colheu em 2019 cerca de 51 milhões sacas de café, dos quais, aproximadamente 60% são destinados à exportação e 40% são consumidos internamente. A figura 5 mostra o histórico da produção total de café no Brasil de 2003 a 2019.

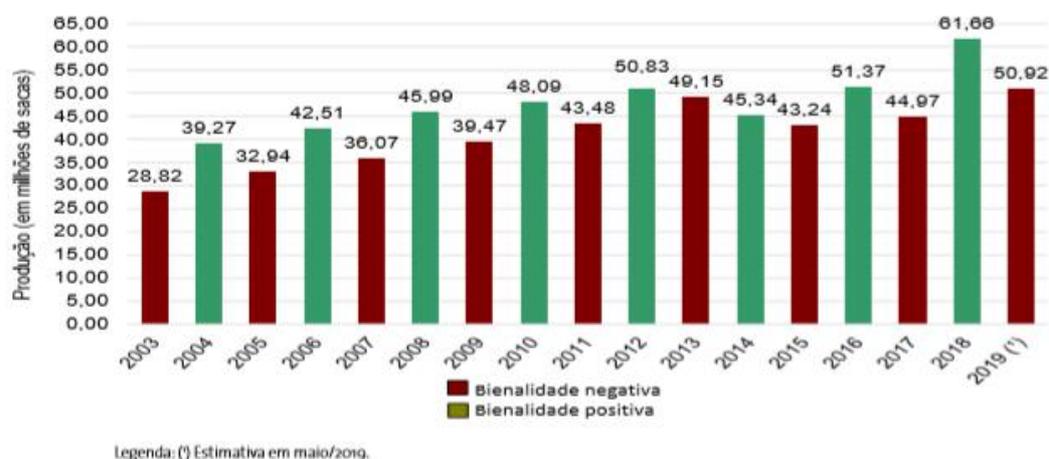


Figura 5 - Histórico da produção total de café no Brasil (CONAB, 2019)

Ainda, no período de novembro de 2017 a outubro de 2018 o consumo interno de café no Brasil chegou a 21 milhões de sacas representando um crescimento de 4,8%, com relação ao período anterior (figura 6), mantendo o Brasil como segundo maior consumidor de café do mundo (ABIC, 2018).

Já o volume exportado entre julho de 2018 e abril de 2019 foi de aproximadamente 31 milhões de sacas (figura 7), das quais, 28 milhões de arábica e 3 milhões de conilon, de acordo com o Conselho dos Exportadores de Café do Brasil (Cecafé, 2019). Neste período aproximadamente 110 países compraram café do Brasil, com destaque para os cinco maiores clientes relacionados na sequência: Estados Unidos, Alemanha, Itália, Japão e Bélgica. (CONAB Boletim Café - Maio 2019).

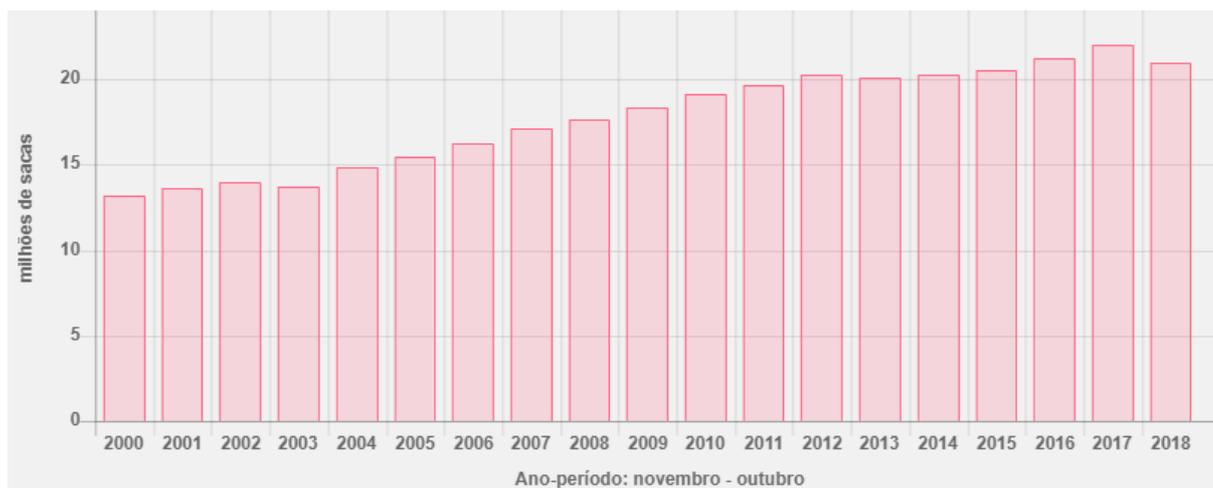


Figura 6 - Evolução do consumo interno de café no Brasil (ABIC, 2018)

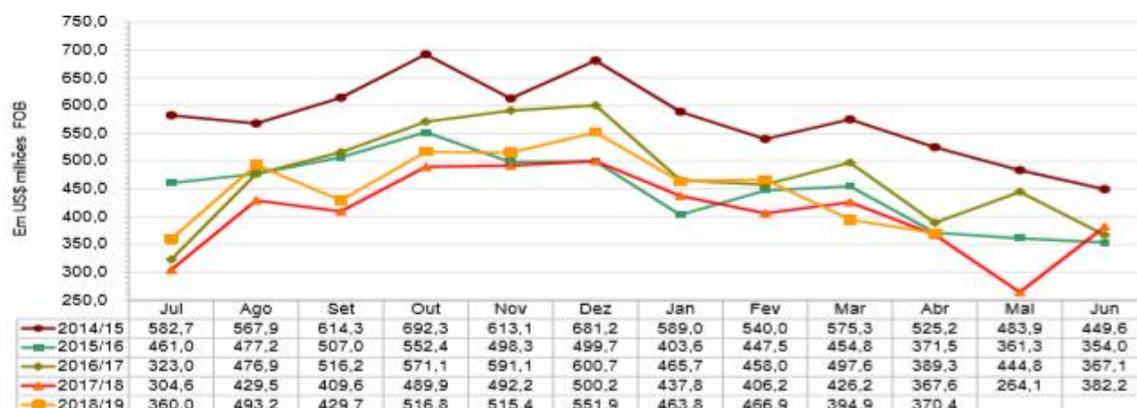


Figura 7- Exportações de borra por ano-safra (Cecafé, 2019)

Com um volume de safra menor em 2020, a tendência é que a performance das exportações brasileiras em 2019/20 deverá diminuir, fazendo, provavelmente, que o volume projetado para embarque seja inferior ao biênio 2018/19. O consumo interno, por sua vez, deve continuar em expansão com uma tendência de crescimento contínuo até 2021, com evolução estimada em 3,5% ao ano, segundo projeções da consultoria Euromonitor (Revista Attalea, 2019).

O consumo continua concentrado nas residências, representando 64% do total, enquanto fora do lar atingiu 36% (Consórcio Pesquisa Café, 2019). Este último tende a crescer continuamente, porque a oferta de cafés de alta qualidade em cafeterias, restaurantes e padarias induz ao aumento de demanda da bebida. Destaca-se ainda o consumo do grão torrado, que segue em crescimento. A preferência por expressos, bem como a procura por máquinas automáticas e domésticas de café elevou o total das vendas em grão. Também, o

fenômeno das cápsulas parece ter acelerado ainda mais, trazendo uma mudança de hábitos dos consumidores (figura 8) (ABIC,2018).

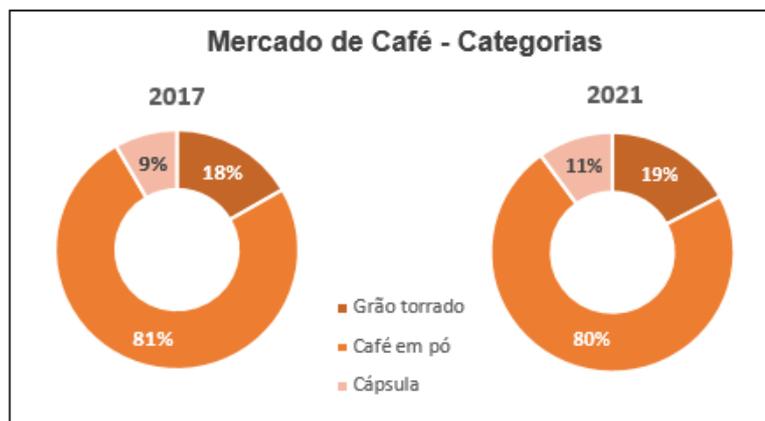


Figura 8 - Divisão do consumo de café por categorias (adaptado de ABIC, 2018)

II.2.3. Cadeia Produtiva do Café

O processo produtivo do café começa na lavoura e passa por diversas etapas até chegar ao consumidor final. O ciclo de plantação que vai desde o preparo da muda até a colheita do fruto pode levar três anos ou mais, e inclui pesquisas relacionadas à variedade, tolerância a pragas e doenças, adaptabilidade às condições climáticas do local, tipos de solo e região de cultivo (EMATER – MG, 2016). Após a colheita, o café vai para as indústrias cafeeiras onde os grãos passam por etapas de processamento de acordo com o produto final desejado, como será discutido neste capítulo. Após o processamento, o café é embalado e distribuído já de forma apta para o consumo. Um resumo da cadeia produtiva do café segue esquematizada na figura 9.

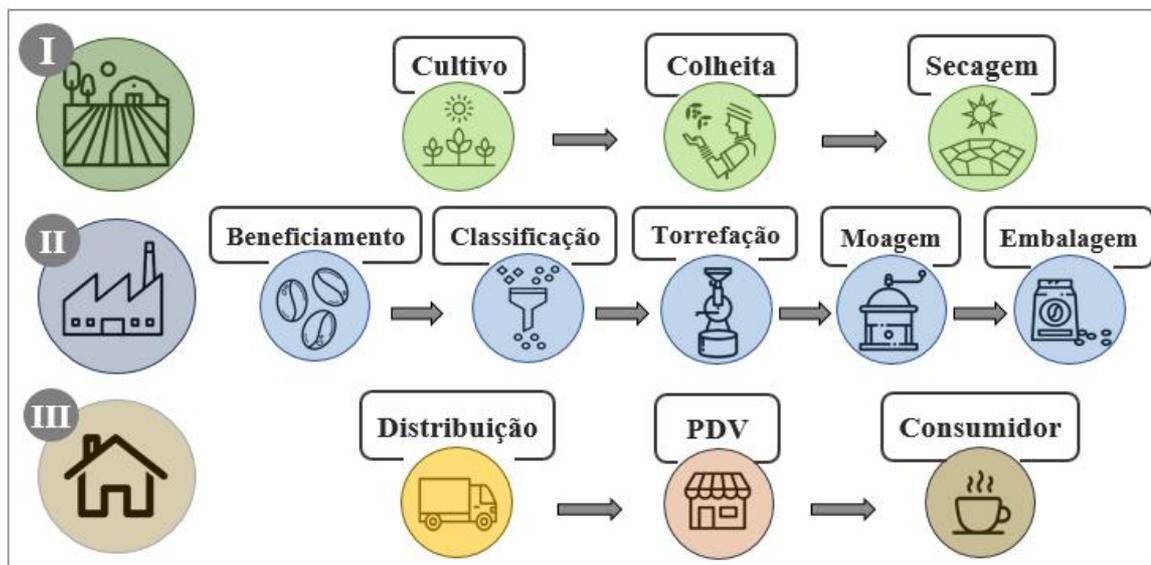


Figura 9 - Esquema da cadeia produtiva do café (Elaboração própria)

A. Café Moído

A Figura 10 esquematiza de forma simplificada as etapas que compõem o processo produtivo do café torrado e moído.



Figura 10 - Diagrama de blocos das etapas de produção do café moído (Adaptado de BASSETTO et al., 2016)

Segundo Bassetto et al. (2016), antes de ir para a indústria, os grãos de café são submetidos a diversas operações de pós-colheita até seu armazenamento, sendo de grande importância para a preservação das características sensoriais e de segurança.

Logo após a colheita é feita a limpeza dos grãos, processamento por via seca ou por via úmida, lavagem, separação e secagem. Após estes processos, o café passa pelo beneficiamento, operação 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. A operação de beneficiamento deve ser realizada o mais próximo possível da época de comercialização, para que o produto possa manter suas características originais (BASSETTO et al., 2016).

Em seguida, o café é processado no torrefador, aonde passa por um tratamento térmico a uma temperatura de 200° C, em um tempo de torra de no máximo 25 minutos para adquirir as características desejadas, como aroma, acidez e corpo⁴. Após a torra, o café passa por um sistema de resfriamento, um processo sucessivo e rápido, que visa condensar no interior do grão as substâncias aromáticas, responsável pelo aroma e sabor do café, sendo dois métodos normalmente utilizados: ar ou água por um tempo de 5 minutos. Depois, os grãos torrados e resfriados são estocados. Os voláteis provenientes do resfriamento dos grãos torrados são liberados pelo sistema de exaustão do resfriador (BASSETTO et al., 2016)

Na etapa seguinte, os grãos secos são enviados para moinhos apropriados onde é realizada a moagem. A moagem é o processo no qual os grãos secos são triturados até que se tornem um pó fino. Os grãos devem ser conservados inteiros e frios antes deste processo (BASSETTO et al., 2016). A moagem é feita com auxílio de um rolo mecânico, que quebra os grãos, até chegar à granulometria ideal do produto. Em seguida, o café moído pode seguir para o envase e, enfim, para a rotulagem.

B. Café Solúvel

O processo de fabricação de café solúvel inclui várias etapas de processamento. A figura 11 traz um esquema que resume essas etapas.

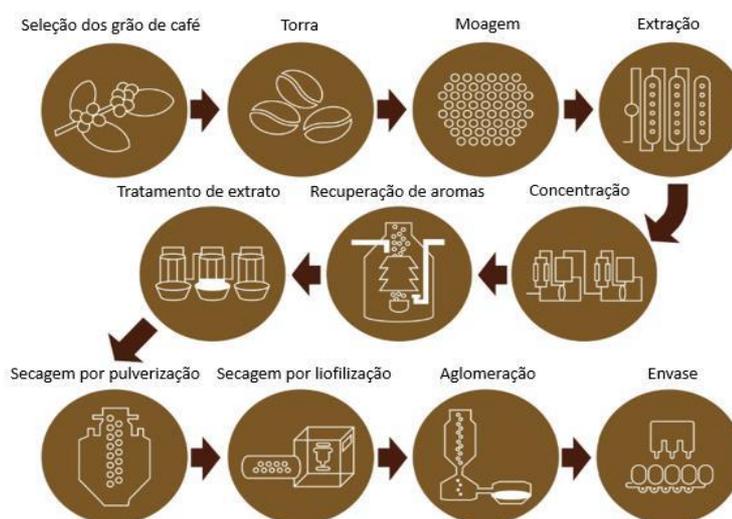


Figura 11 - Esquema das etapas de produção do café solúvel (ABICS, 2019)

O café solúvel é produzido a partir da extração de sólidos solúveis e voláteis usando

⁴ Mais encorpado para pontos de torra mais escuros (ClubeCafé)

a água como solvente. Assim como para o café moído, o processo de produção do café solúvel se inicia com a seleção e a limpeza dos grãos de café. O ponto de partida do processo de produção se dá com um “blend” (mistura de grãos específica e que dependendo da composição pode conferir sabor, aroma e propriedades finais distintas no café) da matéria-prima anteriormente padronizada. Dependendo do sabor e aroma desejados no produto final, misturam-se tipos diferentes de grãos de café. Após isso, o “blend” é enviado para a torração (ESTEVES, 2006).

Usualmente, a torra é conduzida em um tambor de torra operando em batelada, em que os gases da fornalha entram em contato com o café cru, promovendo um processo de secagem, no qual os aromas e a coloração do café são desenvolvidos. Quando os grãos torrados atingem uma temperatura de aproximadamente 230°C ou mais, dependendo do grau de torra desejado, a torra é interrompida com o corte do fluxo do ar quente e o café é sequencialmente descarregado e resfriado com fluxo de ar a temperatura ambiente. Tal processo é responsável pelo desenvolvimento de aroma, sabor, corpo e acidez característicos do café (ESTEVES, 2006).

A moagem ou quebra, por sua vez, é necessária para que os sólidos solúveis e as substâncias voláteis responsáveis pelo aroma e sabor sejam disponibilizadas para a extração (ESTEVES, 2006).

Na etapa de extração o café torrado e granulado é carregado dentro de colunas denominadas de percoladores. Nesses equipamentos, o café granulado é compactado em leitos fixos e os extratos obtidos por meio da passagem da água em contracorrente, o que promove o enriquecimento de sólidos solúveis em relação à matéria-prima de 25% a 35% (SILVA et al, 2018). Nesta etapa, ocorre a produção da borra, principal resíduo gerado no processo.

O teor de sólidos solúveis do extrato de café é relativamente baixo. Desse modo, por razões econômicas, é necessário concentrar o extrato obtido antes do processo de liofilização ou secagem por pulverização. O extrato produzido é concentrado até atingir aproximadamente 43% de sólidos solúveis (ESTEVES,2006). Na etapa de concentração, o extrato de café passa por processos de evaporação, onde parte da água é retirada.

Durante a obtenção do café solúvel ocorrem transformações e perdas aromáticas resultantes das etapas térmicas e químicas do processo e que modificam quantitativa e

qualitativamente a fração de compostos voláteis. Portanto, é necessário recuperar o aroma volátil antes de enviar o extrato ao estágio de concentração, armazenar o aroma em forma condensada (aroma líquido) em condições frias e então misturá-lo com o extrato de café desaromatizado e concentrado. O sistema de recuperação do aroma evita a perda de valiosos componentes do aroma durante a concentração térmica, recapturando os componentes voláteis e adicionando-os novamente ao concentrado antes do processo de secagem (REVISTA CAFEICULTURA et al., 2006).

Um fato interessante é que a coluna recuperadora pode ser usada de outra maneira, a qual seria 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 et al., 2006).

Em seguida a recuperação do aroma, ocorre a etapa de tratamento do extrato, a qual é fundamental para preservar o aroma. O primeiro passo envolve a clarificação, através da qual os componentes insolúveis são separados do extrato de café solúvel usando um sistema de filtros e centrífugas (OLIVEIRA FILHO, 2007).

Para a obtenção do café solúvel, o extrato passa por um processo denominado secagem. A secagem pode ser realizada por dois processos principais: pelo sistema *freeze drying* ou por *spray drying*. Na secagem por *freeze drying*, o extrato concentrado é congelado a uma temperatura de -50°C , triturado em moinhos especiais e em seguida conduzido a uma câmara de vácuo, onde ocorre a sublimação da água até a temperatura crítica de fusão. O produto final é o café liofilizado, que produz bebida de melhor qualidade pela preservação das características aromáticas. Em contrapartida, o *spray drying* é um processo que consiste na atomização da mistura dentro de um sistema através do qual passa uma corrente de gás quente, obtendo-se uma grande área superficial de troca de calor e consequente taxa de evaporação elevada, resultando em um pó como produto final (OLIVEIRA FILHO, 2007).

Após a obtenção do café solúvel em pó, ocorre a etapa de aglomeração que consiste na adição de vapor de água ao café previamente seco, resultando no café solúvel granular. Por fim, o produto é envasado e se encontra pronto para ser comercializado (OLIVEIRA FILHO, 2007).

C. Atores da cadeia produtiva do café

- Produção

Como levantado anteriormente neste capítulo, o café é cultivado por produtores rurais em diferentes regiões do país, ocupando uma área de 2 milhões de hectares de acordo com dados de 2018 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Ainda segundo dados do MAPA, a cafeicultura brasileira é exigente quanto às questões sociais e ambientais, e há uma preocupação em se garantir a produção de um café sustentável.

Dentre os estados do Brasil que desenvolvem a cafeicultura, os que apresentam produção mais expressiva e maiores contribuições econômicas são Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia e Paraná. A figura 12 traz o mapa das origens produtoras de café no Brasil, por espécie, atualizado em junho de 2019 pela Associação Brasileira de Cafés Especiais (BSCA, 2019).

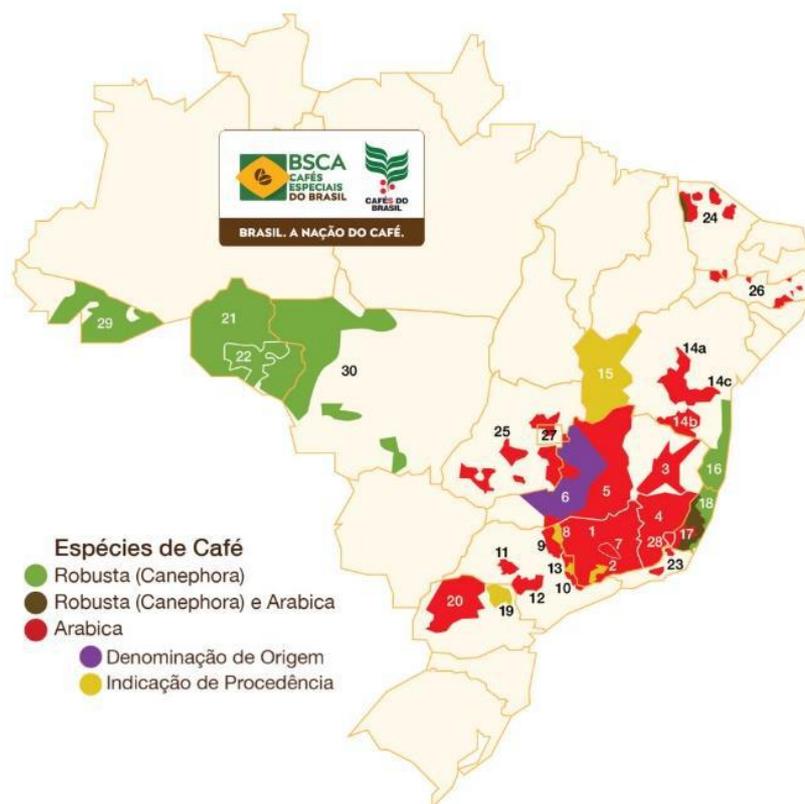


Figura 12 - Mapa das origens produtoras de café no Brasil (BSCA, 2019)

- Processamento

O mercado brasileiro de beneficiamento de café tem se mostrado cada vez mais concentrado. Segundo dados do Relatório Internacional de Tendências do Café de 2017

(Bureau de Inteligência Competitiva do Café), as três maiores empresas do setor que operam no país foram responsáveis por mais de 50% das vendas. Dessa forma, para as pequenas e médias torrefadoras que beneficiam e vendem o café ‘tradicional’ o desafio para atuar nesse mercado altamente competitivo e acirrado é cada vez mais difícil.

As maiores indústrias de café do Brasil, associadas à ABIC são, em ordem: Grupo 3 Corações, JDE (Cafê Pilão), Maratá, Melitta e Mitsui Alimentos (Cafê Brasileiro e Cafê.br). As 10 maiores empresas (Tabela 1) juntas são responsáveis por cerca de 80% da produção de café no Brasil (ABIC, 2018), dados que demonstram a grande concentração desta indústria.

Tabela 1 - 10 maiores Indústrias de Café Associadas da ABIC em 2017 (ABIC, 2018)

#	UF	Empresa	Marcas	Serviços
1	CE	GRUPO TRES CORACOES	Três Corações	Torrefadora e Distribuidora
2	SP	JACOBS DOUWE EGBERTS BR COM. DE CAFES LTDA	Pilão	Torrefadora
3	SE	INDS. ALIMENTS. MARATA LTDA.	Maratá	Torrefadora
4	SP	MELITTA DO BRASIL IND. E COM. LTDA.	Melitta	Torrefadora
5	SP	MITSUMI ALIMENTOS LTDA.	Cafê brasileiro	Torrefadora
6	PB	SAO BRAZ S/A IND. E COM. DE ALIMENTOS S.A	São Braz	Torrefadora e Cafeteria
7	MG	COOP. REGIONAL DE CAFEICULTORES EM GUAXUPE LTDA. – COOXUPE	Evolutto e Prima Qualità	Torrefadora, Produção de Óleo, Análises e Café Cru
8	MG	CAFE BOM DIA LTDA.	Bom Dia	Torrefadora
9	SP	CAFE PACAEMBU LTDA.	Pacaembu	Torrefadora e Produção de Café Solúvel
10	GO	CAFE RANCHEIRO AGRO INDL. LTDA.	Diversas	Torrefadora

De outro lado, existe um nicho que tem crescido e prosperado no país: o das microtorrefadoras artesanais que trabalham com microlotes cuidadosamente selecionados e processados, o que resulta em um produto de melhor qualidade e de maior valor agregado. Trata-se de um nicho que não é fortemente atendido pelas grandes empresas, pois as pequenas e médias torrefadoras fornecem os grãos diretamente para cafeterias e vendem seus produtos diretamente para o consumidor final por meio das mídias sociais, internet e pequeno varejo. Assim, enquanto as estatísticas demonstram que, pela concentração na indústria, há uma redução no número das grandes torrefadoras nas últimas duas décadas, as microtorrefadoras artesanais têm crescido a cada ano no atendimento desses segmentos de mercado

(EMBRAPA, 2017).

- Comercialização

Após processado, o café chega aos pontos de venda (PDV) para ser disponibilizado para o consumidor final, seja em forma de pó ou grãos (supermercados) ou já pronto para beber (lanchonetes, cafeterias, etc.). No Brasil, o consumo é mais concentrado nas residências, representando 64% do total, enquanto fora do lar representa cerca de 36%. (Consórcio Pesquisa Café, 2019)

De acordo com dados da SEBRAE (2015), 64% do consumo fora do lar da bebida acontece nas padarias, um dos principais canais de venda do produto. Estima-se ainda que existam no Brasil 3.500 cafeterias, responsáveis por 50% dos gastos com a categoria café fora do lar (SEBRAE, 2015). Constata-se, então, que alguns consumidores de café repetem mais de uma vez ao dia o consumo da bebida em mais de um tipo de estabelecimento. Destaca-se, também, que o café é um produto comercializado em diversos outros estabelecimentos além de padarias e cafeterias, tais como restaurantes, lanchonetes, bares e botecos. Parte do consumo fora do lar acontece também em escritórios, hospitais, universidades, entre outros.

As cafeterias se dividem em: especializadas, não especializadas, premium, franquias de cafeterias, cafeteria brewery, cafeteria estilo série de TV e cafeterias veganas e sustentáveis. No Brasil, 66% das cafeterias são estabelecimentos independentes. Os outros 34% são franquias (SEBRAE, 2019). A maior parte desses estabelecimentos não possuem nenhum sistema de reaproveitamento de borra, sendo a sua destinação final mais comum o descarte em lixo comum e posterior depósito em aterro sanitário e lixões.

Capítulo II – METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a metodologia aplicada neste estudo. Para obter os resultados e respostas acerca da problematização apresentada neste trabalho, será feito um mapeamento das oportunidades através de uma pesquisa descritiva e exploratória, com a finalidade de estudar o que já existe sobre o tema e também explorar o nível de desenvolvimento das alternativas de valorização da borra de café para, em seguida, analisar a viabilidade da implementação em escala comercial dessas oportunidades em grandes metrópoles, tomando como exemplo o município do Rio de Janeiro.

O estudo partirá de uma revisão bibliográfica que buscará compreender de que forma o aproveitamento da borra do café vem sendo estudado e quais os produtos que podem ser gerados a partir deste resíduo, através de uma prospecção tecnológica e do entendimento dos desafios relacionados aos processos de reaproveitamento da borra. Também, serão exploradas empresas que já trabalham com a valorização da borra de café e em qual nível de maturidade se encontram os projetos desenvolvidos, atualmente, acerca do tema. Com isso, serão exploradas quais alternativas se mostram mais ou menos viáveis para implementação no contexto carioca.

A metodologia proposta está dividida em três etapas, conforme mostrado na figura 13. Na primeira etapa serão descritas as etapas decorridas para a obtenção e seleção de artigos e outras fontes bibliográficas para a prospecção das oportunidades de aproveitamento da borra de café. Na segunda etapa será descrita como foi feita a exploração e análise de estudos de casos de empresas que trabalham com a valorização da borra do café. A terceira etapa consiste em explicar as etapas realizadas para a análise de oportunidades no caso da cidade do Rio de Janeiro, metrópole escolhida para análise.



Figura 13- Etapas da metodologia

A partir das leituras e análises propostas pela metodologia descrita neste capítulo, pretende-se analisar como as oportunidades para a utilização da borra estão sendo estruturadas, entender as principais barreiras e desafios de cada oportunidade, e finalmente sugerir estratégias de aproveitamento e valorização desse resíduo que façam sentido de serem aplicadas em metrópoles brasileiras, utilizando o exemplo do Rio de Janeiro como estudo de caso.

II.1. Análise de Artigos e Reviews

Para a identificação das oportunidades que vem sendo desenvolvidas sobre o aproveitamento da borra de café foi utilizada uma base de busca para a obtenção de artigos e reviews que tratam do tema.

A pesquisa foi feita na base Scopus (Elsevier), que é uma base de dados multidisciplinar, com grande cobertura em diversas áreas do conhecimento. Na primeira etapa, foi feita uma busca pelo termo “*spent coffee grounds*” (“borra de café”) nos campos título, resumo ou palavra-chave e foram encontrados 598 resultados (consulta realizada em 20/01/2020). A escolha do termo de busca para a pesquisa foi direcionada por pesquisas iniciais exploratórias que apontaram o termo como mais frequente. Com o objetivo de direcionar a pesquisa, reduzindo o número de resultados, uma segunda busca foi realizada, filtrando-se apenas artigos em que o termo aparecesse no título, obtendo-se 392 resultados. Diante ainda de um resultado expressivo de artigos, partiu-se para mais uma etapa. A terceira etapa constituiu-se de limitar a busca em reviews, pois estes tipos de documento concentram uma grande quantidade de informações, a partir de uma revisão de diversos artigos. Obteve-se, então, 10 resultados para reviews com o termo “*spent coffee grounds*” presente no título.

Além da pesquisa do termo “*spent coffee grounds*”, realizou-se outras buscas adicionando ao termo as palavras-chave “*application*” (aplicação), “*valorisation*” (valorização) e “*exploitation*” (exploração), com o objetivo de encontrar novos reviews. No entanto, os resultados destas buscas retornaram reviews que já estavam entre os 10 documentos encontrados anteriormente.

Após essa primeira triagem, caracterizada pela seleção de reviews, foi feita a leitura e análise dos documentos encontrados e realizou-se um levantamento dos assuntos abordados com maior recorrência, e também, com maior relevância para a realização deste

trabalho, obtendo-se como resultado os seguintes tópicos:

- Composição da borra do café (“*composition*”);
- Biocombustíveis (“*biofuels*”);
- Biopolímeros (“*biopolymers*”);
- Geração de energia (“*energy generation*”);
- Cosméticos (“*cosmetics*”);
- Alimentos (“*food*”).

Com o objetivo de encontrar artigos que aprofundassem o conhecimento sobre os temas destacados acima, foram feitas seis novas buscas, utilizando-se a palavra-chave “*spent coffee grounds*” adicionada aos termos acima, um de cada vez (por exemplo: “*spent coffee grounds composition*”). A partir da leitura do título e do abstract das publicações encontradas nessa busca, 14 artigos e 1 review foram selecionados para leitura, levando em consideração a relevância e nível de informação dos mesmos. Dessa forma, chegou-se a um número final de 25 publicações, incluindo artigos e reviews, para compor a revisão bibliográfica deste trabalho, dentre os quais 5 são de autoria brasileira. As tabelas 2 e 3 trazem o passo a passo da metodologia aplicada na busca destes documentos e os artigos e reviews selecionados para a prospecção, respectivamente.

Tabela 2 - Passo a passo da metodologia de pesquisa

Palavra-chave	Campo	Base	Encontrados		Selecionados	
			Artigos	Reviews	Artigos	Reviews
<i>spent coffee grounds</i>	Título, resumo ou palavra-chave	Scopus	584	14	-	-
<i>spent coffee grounds</i>	Título	Scopus	382	10	0	10
<i>scg⁵ composition</i>	Título	Scopus	6	0	2	0
<i>scg biofuels</i>	Título, resumo ou palavra-chave	Scopus	13	1	3	0
<i>scg biopolymers</i>	Título, resumo ou palavra-chave	Scopus	1	1	1	1
<i>scg biocomposites</i>	Título, resumo ou palavra-chave	Scopus	4	1	2	0
<i>scg energy generation</i>	Título, resumo ou palavra-chave	Scopus	12	1	2	0
<i>scg cosmetics</i>	Título, resumo ou palavra-chave	Scopus	17	1	2	0
<i>scg food</i>	Título, resumo ou palavra-chave	Scopus	115	1	2	0

⁵ Spent Coffee Grounds

Tabela 3 - Artigos e reviews escolhidos na prospecção

Autor	Palavra-Chave	Campo	Ano	País	Tipo de informação
Kourmentza, C.	<i>Spent coffee grounds</i>	Título	2018	Grécia	Review
Massaya, J.	<i>Spent coffee grounds</i>	Título	2019	Reino Unido	Review
Obruca, S.	<i>Spent coffee grounds</i>	Título	2015	República Tcheca	Review
Campos-Vega, R.	<i>Spent coffee grounds</i>	Título	2015	Canadá	Review
Atabani, A.	<i>Spent coffee grounds</i>	Título	2019	Vietnam	Review
Sheppard, P.	<i>Spent coffee grounds</i>	Título	2019	Reino Unido	Review
McNutt, J.	<i>Spent coffee grounds</i>	Título	2018	Canadá	Review
Zabaniotou, A.	<i>Spent coffee grounds</i>	Título	2019	Grécia	Review
Kovalcik, A.	<i>Spent coffee grounds</i>	Título	2018	Rússia	Review
Mata, T.M.	<i>Spent coffee grounds</i>	Título	2018	Brasil	Review
Mussato, S.I.	<i>SCG + Compositon</i>	Resumo	2011	Portugal	Composição
Mussato, S.I.	<i>SCG + Compositon</i>	Resumo	2011	Portugal/Brasil	Composição
Kondamudi, N.	<i>SCG + Biofuels</i>	Resumo	2008	EUA	Biocombustíveis
Mussatto, S.I.	<i>SCG + Biofuels</i>	Resumo	2012	Portugal/Brasil	Biocombustíveis
Kwon, E.E.	<i>SCG + Biofuels</i>	Resumo	2013	Coréia do Sul	Biocombustíveis
Xu, H.	<i>SCG + Biocomposites</i>	Resumo	2017	China	Biocompósitos
Essabir, H.	<i>SCG + Biocomposites</i>	Resumo	2018	Marrocos	Biocompósitos
Kua, T.A.	<i>SCG + Energy Generation</i>	Resumo	2017	Austrália	Geração de energia
Massaro Sousa, L.	<i>SCG + Energy Generation</i>	Resumo	2019	Brasil	Geração de energia
Karmee, S.K.	<i>SCG + Biopolymers</i>	Resumo	2018	África do Sul	Review
Batista, M.J.P.A.	<i>SCG + Biopolymers</i>	Resumo	2020	Brasil	Biopolímeros
Shang, Y.	<i>SCG + Cosmetics</i>	Resumo	2017	Coreia do Sul	Cosméticos
Pettinato, M.	<i>SCG + Cosmetics</i>	Resumo	2017	Itália	Cosméticos
Osorio-Arias, J.	<i>SCG + Food</i>	Resumo	2020	Colômbia	Alimentos
Khelil, O.	<i>SCG + Food</i>	Resumo	2016	Argélia	Alimentos

Durante a formulação do trabalho, surgiu ainda a necessidade de pesquisar com maior profundidade alguns temas específicos, buscando-se então parte dos artigos que aparecem nas referências dos artigos citados na tabela 3, usando a técnica de *snowballing*. Portanto, algumas das referências que aparecerão no capítulo de mapeamento das oportunidades da borra não estão na tabela acima.

II.2. Análise de Empresas

Para o estudo das empresas que já realizam o aproveitamento da borra, foi realizada uma pesquisa documental, através dos sites das empresas e de notícias relacionadas.

Os sites e as notícias foram obtidos através de diversas buscas no buscador online Google, utilizando os termos “*Spent Coffee Grounds*” (SCG), “*SCG Start Ups*”, “Reaproveitamento da borra do café”, “*SCG Recycle*” (Borra de café reciclagem), “*SCG Cosmetics*” (Borra de café cosméticos), “*SCG Uses*” (Borra de café usos), entre outros.

Com base nessa busca, foram encontradas 14 empresas de diferentes nacionalidades e ramos de atuação. Destas empresas, algumas foram selecionadas para uma análise mais detalhada, com base na disponibilidade de informações relevantes para este trabalho (tipos de produtos obtidos a partir da borra e exploração dos principais componentes de seus modelos de negócio). A tabela 4 traz a relação das 14 empresas encontradas nas pesquisas. Dentre os casos encontrados, dois são brasileiros: a Recoffee, uma pequena produtora brasileira de biojóias e objetos de decoração e uma fábrica da Nestlé que atua na produção de café solúvel. Contatou-se a empresa Recoffee, via e-mail, para um melhor entendimento do negócio, e os resultados deste contato serão explicitados mais à frente neste trabalho.

Os cinco casos escolhidos para serem estudados com maior profundidade neste trabalho, de acordo com a quantidade e a relevância de informações disponíveis, foram: Biobean, Scafé, Kaffeform, Kaffebueno e Recoffee Design.

Tabela 4- Empresas atuantes na valorização da borra de café

Empresa	Produtos /Usos e aplicações	País
Biobean	Biomassa	Inglaterra
Scafé	Casacos e Roupas esportivas	Taiwan
Kaffeform	Xícaras e Canecas	Alemanha
Kaffebueno	Cosméticos e Alimentício	Dinamarca
Revive eco	Cosméticos, Alimentos e Fármacos	Escócia
UpCircle	<i>Serum</i> facial/Esfoliantes	Inglaterra
#Rens	Tênis	Finlândia
O' Right	Cosmético e Embalagens	Taiwan
Recoffee Design	Biojóias e Decoração	Brasil
Nestlé Araras	Biomassa	Brasil
Grocycle	Produção de Cogumelos	Inglaterra
UpCycle	Produção de Cogumelos	França
Rotterzwan	Produção de Cogumelos	Holanda
Coffee Based	Materiais e Utensílios	Holanda

O estudo seguirá uma abordagem qualitativa, com ênfase na análise de conceitos e ideias relacionados ao tema discutido. Serão analisados os produtos que vêm sendo desenvolvidos nas empresas, assim como as suas escalas de produção. Dessa forma, espera-se mapear de que maneira a borra do café está sendo utilizada por empresas de forma a gerar valor agregado e de que forma se estruturam seus respectivos modelos de negócio.

De acordo com a definição de Teece (2010), o modelo de negócio define a forma que uma empresa se apresenta no mercado, descrevendo de que maneira esta cria e entrega valor aos clientes. Também descreve como converte isto em lucratividade, definindo como se estruturam as receitas (por exemplo, venda de produtos ou licenciamento de tecnologia), custos e lucros associados à empresa que entrega esse valor. Ainda de acordo com Teece (2010), o modelo de negócio reflete sobre o que os clientes desejam, como desejam e como a empresa se organiza para atender essa demanda da melhor maneira, gerando lucro.

As questões relacionadas à estrutura do modelo de negócios estão inter-relacionadas e tem o objetivo de responder às questões de como construir uma vantagem competitiva sustentável e de que forma obter lucro (Teece, 2010). Os diferentes elementos que precisam ser determinados na construção do modelo de negócios, de acordo com Teece, estão ilustrados na figura 14.

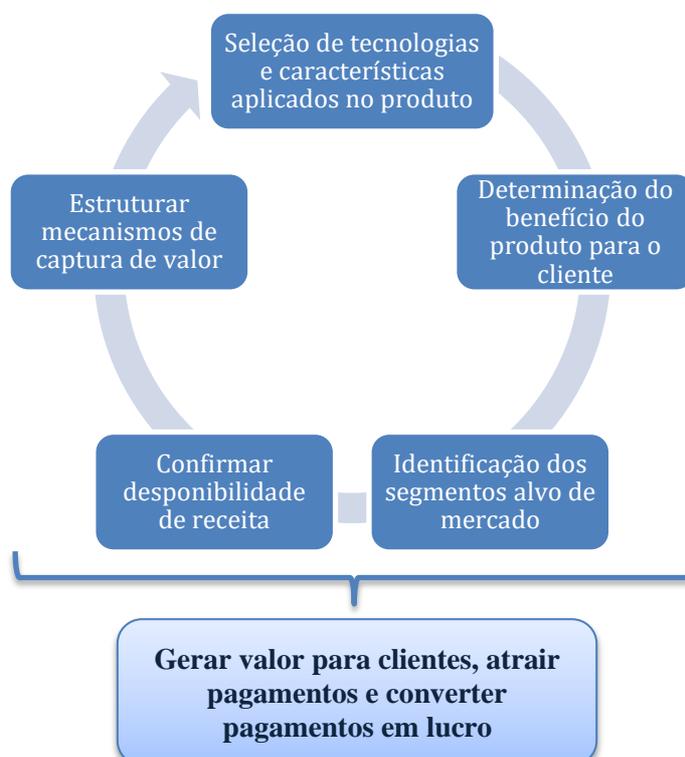


Figura 14 - Elementos do modelo de negócio (Adaptado de Teece, 2010)

Uma segunda definição de modelo de negócio que pode ser abordada neste projeto é a de Johnson, Christensen, & Kagermann (2008). Para eles, um modelo de negócio consiste em quatro elementos interligados que, juntos, criam e entregam valor: proposição de valor, captura de valor, recursos-chave e processos-chave. A proposição de valor define o que o negócio entrega, a captura de valor define de que forma o valor é criado para a empresa (receita, estrutura de custos, modelo marginal, etc.), os recursos-chave compreendem os recursos necessários para entregar a proposição de valor (pessoas, tecnologias, produtos, equipamentos, etc.) e os processos-chave se referem aos processos seguidos pela empresa que a permitem entregar valor (treinamentos, regulamentação, orçamento, planejamento, etc.). Estes quatro elementos fundamentam qualquer negócio. A proposição de valor e a captura de valor definem valor para o cliente e para a empresa respectivamente, enquanto os recursos e processos chave descrevem de que forma este valor será entregue.

Nesse contexto, entende-se que estudar como se estrutura a cadeia de valor de empresas existentes, que utilizam a borra do café como matéria-prima, é uma necessidade chave para identificação das principais barreiras e desafios da estruturação de um negócio neste mercado. Sendo assim, nesta etapa do trabalho, o foco do estudo será na compreensão dos desafios de estruturação das empresas que aproveitam a borra do café. O objetivo desta etapa será buscar entender de que maneira se estruturam internamente as empresas, analisando dados como as principais atividades da empresa, suas parcerias, relação com fornecedores, recursos e tecnologias utilizados, forma de acesso à matéria-prima, forma de armazenamento e conservação da matéria-prima e disponibilidade de matéria-prima.

Com base nos documentos encontrados na pesquisa realizada, será feito um mapeamento de cada uma das empresas selecionadas cobrindo os seguintes pontos listados na tabela 5.

Tabela 5 - Pontos mapeados na análise das empresas e seus modelos de negócios.

Informações Gerais	<ul style="list-style-type: none"> • Nome da empresa • País de origem • Locais onde atua
Proposição de valor	<ul style="list-style-type: none"> • Produtos ofertados • Mercado atendido
Estruturação	<ul style="list-style-type: none"> • Parcerias estabelecidas • Formas de acesso e conservação da matéria-prima • Processos realizados e tecnologias aplicadas
Captura de Valor	<ul style="list-style-type: none"> • Obtenção de receita

Com o resultado obtido, será feita uma comparação entre os modelos de negócio das empresas estudadas para o melhor entendimento de como se dá o funcionamento das mesmas, principalmente no que tange à cadeia de valor e os desafios de sua estruturação.

Entendendo os modelos de negócio aplicados por empresas que já atuam no mercado através da utilização da borra do café, será possível entender como essas oportunidades poderiam ser aplicadas em grandes cidades brasileiras, com a geração de um impacto positivo relevante no descarte deste resíduo. Estas cidades apresentam grande densidade demográfica e um grande número de estabelecimentos que poderiam fornecer seus resíduos às indústrias de reaproveitamento. O Rio de Janeiro, enquanto segunda maior metrópole brasileira, representa bem este tipo de cidade. Sendo assim, o estudo será pautado nas oportunidades de negócio na cidade do Rio de Janeiro, como um exemplo que poderia ser replicado em outras grandes cidades no Brasil.

II.3.2 Entrevistas e Análises Geográficas: Oportunidades no caso do Rio de Janeiro

Além da pesquisa de empresas que utilizam borra de café como matéria-prima, foi realizado um estudo de campo em cafeterias da cidade do Rio de Janeiro com o objetivo de se ter uma ideia de qual a destinação dada aos resíduos do café nesses locais atualmente e se há o interesse de destiná-los de uma forma mais sustentável e até mesmo mais rentável. Para isso, foram visitadas 7 redes de cafeterias, de diferentes portes, conforme relacionado na tabela 6. As cafeterias foram definidas com base em buscas na internet, conforme suas

localizações e portes. As classificações de grande, médio e pequeno porte foram definidas de forma arbitrária a partir do número de estabelecimentos de cada rede presentes na cidade, sendo considerada de grande porte uma rede com 20 ou mais estabelecimentos, médio porte entre 4 e 19 estabelecimentos e pequeno porte até 3 estabelecimentos. A quantidade de estabelecimentos de cada rede foi obtida nos sites de cada empresa (consultados em janeiro de 2020). Vale ressaltar que o resultado da pesquisa não pode ser explorado do ponto de vista quantitativo dado o número restrito de estabelecimentos entrevistados. O objetivo é compreender como o setor vê a questão da borra de café – um problema ou uma oportunidade – e se estariam dispostos a dar uma destinação mais adequada a este resíduo.

Tabela 6 - Cafeterias entrevistadas

Rede	Unidade	Localização da loja	Porte (número de filiais)	Entrevistado
Starbucks	Santos Dumont	Aeroporto	Grande (27)	Gerente
California Coffee	Recreio	Shopping	Grande (24)	Atendente
Mr. Cheney	Ipanema	Loja de rua	Médio (16)	Atendente
Brownieria	Recreio	Shopping	Médio (14)	Atendente
Armazém do Café	Ipanema	Galeria	Médio (7)	Atendente
Empório Jardim	Ipanema	Loja de rua	Pequeno (3)	Dono
Guerin	Ipanema	Loja de rua	Pequeno (1)	Dono

As abordagens foram feitas, preferencialmente, com gerentes ou donos das unidades visitadas e, em caso de ausência destes, com os atendentes presentes no local. As visitas foram realizadas entre janeiro e fevereiro de 2020. Na figura 15 encontra-se o questionário que foi realizado durante as visitas aos estabelecimentos.

1. De que forma a borra de café é descartada atualmente neste estabelecimento?
2. Existe algum tipo de reaproveitamento da borra gerada?
3. As respostas anteriores se aplicam às demais unidades da rede? (no caso das cafeterias de médio e grande porte)
4. Quanto de borra é gerado por dia, aproximadamente?
5. Estariam dispostos a separar a borra de café dos demais resíduos e disponibilizá-la gratuitamente a uma empresa que realizasse a coleta para o seu reaproveitamento?
6. Estariam dispostos a vender a borra do café devidamente separada, entregando-a em um ponto de coleta? E para trocá-la por algum produto/serviço (ex: canecas recicladas)?
7. Pagariam por um serviço de coleta de borra de café, sabendo-se que seria disponibilizado um recipiente especial para a separação da borra e podendo-se utilizar este serviço como discurso de sustentabilidade para a marca?

Figura 15 - Questionário para entrevista com os estabelecimentos visitados

Para obter uma visão mais geral do panorama carioca, o próximo passo foi explorar quantos estabelecimentos que vendem café de forma expressiva existem na cidade do Rio de Janeiro e qual a sua distribuição geográfica, para auxiliar no entendimento de qual modelo logístico seria viável na cidade. Os estabelecimentos mapeados foram as padarias e cafeterias, que são os canais de venda que representam a maior parte do consumo de café fora do lar (ABIC, 2018). Para isso, dados dos softwares Economapas e Google Maps foram utilizados.

O Economapas faz uma integração inteligente de informações socioeconômicas, mercadológicas e de consumo de todas as empresas ativas em sistemas de informações georreferenciados, conforme descrito pela própria empresa proprietária. O software traz a identificação dos empreendimentos com base na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) que consta no CNPJ de cada empresa. Esta premissa traz algumas restrições para este trabalho. Primeiramente, não é possível mapear estabelecimentos informais, já que estes não são pessoas jurídicas. Além disso, o software não possui a classificação “cafeteria” para o tipo de estabelecimento. Sendo assim, só pode ser utilizado para o mapeamento de padarias. O resultado da pesquisa pode ser também um pouco distorcido se considerado que nem todas as padarias mapeadas, obrigatoriamente, comercializam café. Como o acesso ao software é pago, utilizou-se os dados do trabalho de conclusão de curso da Escola de Química da UFRJ “OPORTUNIDADES DE

VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE PANIFICAÇÃO EM GRANDES CIDADES BRASILEIRAS: UM ESTUDO DE CASO DO RIO DE JANEIRO” de Eduardo Martins Neto, que realizou essa mesma pesquisa no Economapas recentemente (2019).

O Google Maps foi utilizado para uma análise qualitativa do mapeamento e da localização das cafeterias na cidade do Rio de Janeiro. Para isso, foram realizadas diversas buscas pelo termo “cafeteria” enquadrando as diferentes regiões da cidade. Assim, obteve-se uma base aproximada de quantas cafeterias existem e de suas localizações, apesar deste ser um dado pouco preciso.

Capítulo IV – MAPEAMENTO DAS OPORTUNIDADES DE VALORIZAÇÃO DA BORRA DO CAFÉ

Como levantado anteriormente, a borra do café é um resíduo que possui diversas aplicações e que, hoje, é subaproveitado no Brasil e no mundo. É um recurso rico em componentes valiosos que podem ser valorizados, possibilitando uma vasta gama de oportunidades em produtos. Grandes quantidades de compostos orgânicos estão presentes na borra, como ácidos graxos, proteínas, polifenóis, minerais e polissacarídeos (CAMPOS-VEGA et al., 2015).

O objetivo deste capítulo é entender quais são as oportunidades para o reaproveitamento, valorização e aplicação desse resíduo. Nos tópicos a seguir, será feito um mapeamento dos possíveis componentes a serem aproveitados e de que forma esses componentes podem ser e vem sendo aplicados na indústria. Essa etapa se baseou nas 25 publicações selecionadas na etapa inicial do trabalho (Tabela 3), como descrito na metodologia.

IV.1. Composição da borra do café

A composição bioquímica da borra do café pode ser observada na Tabela 7. Ela contém de 9-16% p/p de lipídios, 13-17% p/p de proteínas e é uma fonte importante de polissacarídeos. Quase metade da composição da borra do café, cerca de 45% p/p, são açúcares polimerizados em forma de celulose e hemicelulose. Um fato interessante é que aproximadamente 70% dos polissacarídeos do café torrado permanece na borra do café. (ZABANIOTOU et al, 2019). Além desses componentes, a borra do café também contém compostos em menor quantidade, como minerais (K, P, Mg), compostos fenólicos, taninos e cafeína.

Tabela 7 - Composição da borra do café (ZABANIOTOU et al., 2019)

Composto	Composição (% p/p)
Lipídeos	9-16
Carboidratos	45-47
Proteínas	13-17

IV.2. Componentes reaproveitáveis da borra do café

IV.2.1. Óleos/Lipídeos

A borra do café possui entre 9 e 16% de lipídeos em sua composição, dependendo do tipo de café. Durante a preparação do café, os lipídeos se fixam na borra e não são filtrados. Eles consistem, principalmente de ácidos linoleico (C18: 2), palmítico (C16: 0), esteárico (C18: 0), oleico (18: 1) e linolênico (C18: 3) (CAMPOS-VEGA ET AL., 2015).

A recuperação de lipídeos da borra é usualmente feita por extração. Somnuk et. al (2017) estudaram o processo com mais detalhes e testaram três solventes orgânicos diferentes: hexano, etanol e metanol. Os melhores resultados foram obtidos com a extração utilizando o hexano. Outra forma de extrair os lipídeos deste resíduo é com um extrator Soxhlet (extração de lipídeo de material sólido), utilizando o n-hexano como solvente (PHIMSEN et al., 2016).

A maioria dos trabalhos publicados sobre extração de óleo de borra do café visam a produção de biodiesel. A produção de biodiesel é feita em três etapas: primeiramente a borra do café passa por uma secagem para remover a umidade, seguida pela extração do óleo usando solventes comuns (hexano, isopropanol, etanol, metanol, etc.) e finalmente a produção do biodiesel por transesterificação (KOURMENTZA ET AL., 2018).

Existem também aplicações do lipídeo extraído da borra para a produção de cosméticos. O óleo extraído tem propriedades desejadas pela indústria da beleza, como anti-idade e reparo da pele e pode ser usado para a produção de sérums, loções, protetor solar, cremes, sabonetes, entre outros (CAMPOS-VEGA ET AL., 2015).

IV.2.2. Polissacarídeos

A concentração e composição de polissacarídeos na borra de café dependem da origem e do cultivo do grão, sendo que a borra retém aproximadamente 70% dos polissacarídeos presentes no grão torrado. De acordo com a literatura, a borra de café é rica em açúcares polimerizados em estruturas de celulose e hemicelulose (45.3%p/p) (MUSSATTOa et al., 2011). Dentre esses carboidratos estão em maiores proporções a manose, a galactose, a glicose e a arabinose⁶ que, devido à baixa toxicidade, podem ser utilizadas nas indústrias farmacêutica, alimentícia e de cosméticos. Será abordado mais à

⁶ As -oses, ou monossacarídeos, são compostos que pertencem à classe dos glicídios (carboidratos).

frente neste trabalho a questão da segurança do uso de resíduos nessas indústrias.

A extração e purificação dos polissacarídeos da borra de café pode ser feita por meio de extração com químicos, por exemplo, o ácido sulfúrico usado na hidrólise ácida, realizada em alta pressão, em altas temperaturas. Pode-se ainda aumentar o rendimento de açúcares fermentáveis no hidrolisado combinando a hidrólise ácida com hidrólise enzimática (mais específica e a temperaturas mais brandas) (WANG et al., 2016), entretanto, essa técnica aumenta os custos do processo.

Outro processo proposto para a extração de polissacarídeos é a hidrólise com água subcrítica. Entretanto, esse processo é realizado em altas temperaturas (entre 100° e 374°), o que pode causar a degradação da borra e aumentar a concentração de ácidos orgânicos (MUSSATTO et al., 2011).

Uma das principais aplicações da extração de polissacarídeos da borra é a produção de etanol, como será discutido em mais detalhes adiante.

IV.2.3. Proteínas

A borra do café tem uma quantidade significativa de proteínas (13-17%) e possui uma gama variada delas em sua composição: leucina, valina, arginina, glutamina, histidina, cisteína e metionina (CAMPOS-VEGA et al., 2015).

As principais pesquisas sobre o aproveitamento das proteínas da borra são para aplicação no auxílio a doenças de estresse oxidativo e hipertensão, sendo interessantes para a indústria farmacêutica. Além disso, sabe-se que proteínas tem propriedades antioxidantes, o que as tornam interessantes também para a utilização na indústria de cosméticos (PETTINATO et al., 2017). Outra aplicação interessante é o isolamento das proteínas do resíduo para o enriquecimento proteico de ração animal, caso que será discutido mais à frente neste trabalho.

IV.2.4. Compostos fenólicos

A borra de café é uma fonte natural rica em polifenóis, micronutrientes que possuem propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias. Dessa forma, a recuperação dos compostos fenólicos da borra do café pode ser relevante para o uso como suplementos nutricionais, aditivos para cosméticos e na indústria farmacêutica (PANUSA et al., 2013).

Sua recuperação pode ser feita por uma extração sólido-líquido com metanol 60%, por 90 minutos, produzindo um extrato rico em polifenóis (16mg Equivalente de Ácido Gálico⁷ (GAE)/g de borra) e com alta atividade antioxidante (MUSSATTOb et al., 2011).

Outro processo de baixo custo que foi aplicado em borra de cápsulas de café é uma extração com etanol ou isopropanol aquoso em temperaturas brandas para preservar a ação antioxidante dos compostos fenólicos, obtendo-se um resultado de 21,6 GAE/g (MUSSATTOb et al., 2011).

IV.2.5. Taninos

Taninos são compostos naturais cientificamente chamados de polifenóis, produzidos por diversas plantas. Eles atuam, geralmente, como um mecanismo de defesa: para impedir que predadores comam suas frutas, folhas e sementes antes do amadurecimento completo, a planta libera os taninos, antioxidantes naturais. Na indústria de vinhos, eles são conhecidos pela sensação de ressecamento na boca (LOW et al., 2015).

Os taninos são bactericidas conhecidos porque reagem irreversivelmente às proteínas, complexando-se assim nas membranas bacterianas, neutralizando sua atividade. Como consequência, os produtos farmacêuticos à base de taninos para curar infecções intestinais são comercializados há muito tempo. Eles têm propriedades anticáries eficazes (LOW et al., 2015).

Além disso, o composto pode ser usado na produção de biosorventes, sendo capaz de atuar como absorvente no tratamento de águas contaminadas com corantes compostos por metais pesados e/ou compostos farmacêuticos. (LOW et al., 2015).

Para a recuperação dos taninos da borra de café um dos processos utilizados é a extração com hidróxido de sódio (5%) a 100°C por 30 minutos. Essas condições resultam em um alto rendimento da extração (21% p/p) e em taninos de alta reatividade. (LOW et al., 2015).

IV.2.6. Cafeína

A cafeína é um composto presente em relativamente pouca quantidade na borra do café (0,96-0,97 mg/g) (PANUSA et al., 2013), já que a maior parte fica retida no líquido.

⁷ O ácido gálico é comumente usado na indústria farmacêutica como um padrão para determinar o teor de fenol de vários analitos; os resultados são apresentados em equivalentes de ácido gálico.

No entanto, ela pode ser um agente tóxico se liberada no meio ambiente, logo encontrar uma destinação adequada é importante.

Esse composto possui alto teor de nitrogênio e, quando queimada, gera liberação de gases NO_x para a atmosfera, o que é poluente. Há 130 mg de cafeína em 100 g de amostra de café, o que produz cerca de 150 mg de NO_x / kg de café em sua combustão. Este valor é quase o dobro do padrão Euro 6⁸ (ATABANI et al., 2019). A borra de café, por sua vez, por possuir uma concentração mais baixa de cafeína quando comparada aos grãos de café fresco, tem menor impacto ambiental se queimada. No Brasil, a emissão de gases NO_x é regulada pela resolução CONAMA, a qual estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fonte fixas instaladas.

Um dos métodos de recuperação da cafeína da borra do café é via solventes orgânicos (CAMPOS-VEGA et al., 2015). Em baixa pressão, o diclorometano extrai a maior parte da cafeína da borra do café. Ainda, via tecnologia de membranas, é possível extrair cafeína da borra sem o uso de solventes orgânicos ou adsorventes (ZABANIOTOU et al., 2019).

Entre as aplicações potenciais da cafeína extraída, pode-se citar o seu uso nas indústrias cosmética e farmacêutica, devido às suas propriedades energéticas.

IV.3. Alternativas aplicadas para destinação da borra de café

Tendo em vista o tamanho das perdas decorrentes do consumo do café, como apresentado nos capítulos anteriores deste trabalho, faz-se necessário pensar alternativas para o seu aproveitamento. Dentre as diversas possibilidades a serem adotadas, é importante analisar quais possuem características mais adequadas para uma melhor destinação e valorização desses recursos.

O objetivo desta seção é, então, tendo em vista as substâncias que podem ser extraídas da borra do café, identificar e explorar as opções de sua destinação, tanto em relação às opções mais praticadas atualmente como a disposição em aterros e lixões, quanto em uma abordagem no contexto da bioeconomia e da economia circular sobre as rotas de aproveitamento e valorização da borra e de seus componentes com potencial para obtenção

⁸ As normas Euro preveem limites de emissão de gases poluentes na Europa.

de produtos a nível comercial.

Serão exploradas as principais opções de destinação e valorização da borra de café, inclusive as apontadas nos artigos encontrados. São elas: aterros e lixões, incineração, compostagem e fertilizantes, ração animal, biocombustíveis e energia, indústria alimentícia, indústria cosmética e farmacêutica, biopolímeros e adsorventes.

IV.3.1. Aterros e Lixões

O aterro sanitário é uma obra de engenharia projetada sob critérios técnicos, cuja finalidade é garantir a disposição dos resíduos sólidos urbanos sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente (IBAM, 2007).

Entretanto, o acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) em aterros sanitários torna-se a cada dia mais dispendioso para a administração pública, pois demanda grandes áreas para disposição, e muitas vezes, fora do perímetro urbano, que devem apresentar características especiais em relação à proteção dos lençóis, ao seu isolamento com áreas urbanizadas, etc. Trata-se ainda de uma solução paliativa, pois como a vida útil destes é limitada, deve-se sempre buscar novas áreas e assim sucessivamente, encarecendo cada vez mais esse tipo de alternativa (IBAM, 2001). Após o encerramento das atividades de um aterro sanitário o resultado é a presença de um passivo ambiental para as futuras gerações.

No Brasil boa parte da constituição dos RSU é orgânica (mais de 50%). Isto se deve a uma cultura de desperdício de alimentos. Muitos alimentos ainda em condição de consumo humano são descartados por se apresentarem fora do padrão comercial ou mesmo pela compra em excesso que leva estabelecimentos comerciais e consumidores ao desperdício. Fora isso, os brasileiros não têm o hábito de aproveitar sobras ou de aproveitar cascas, por exemplo, em suas receitas diárias, o que causa um aumento desnecessário no envio aos aterros sanitários (IPT & CEMPRE, 2000).

Sendo a borra de café um resíduo orgânico produzido em grandes quantidades no Brasil, sua deposição em aterros sanitários é considerada prejudicial ao meio ambiente. Resíduos orgânicos, como a borra de café, quando dispostos em aterros sanitários ou lixões, emitem gases de efeito estufa, como metano, resultante da decomposição anaeróbia da sua fração orgânica (VAN ELK, 2007). Estima-se que para cada tonelada de borra de café decomposta, 340 m³ de metano são liberados ao meio ambiente (FERREIRA et al., 2019).

De acordo com o grupo Akatu, se o resíduo gerado pelas borras de todo o café consumido no Brasil em um ano tivesse um destino alternativo à disposição em aterro sanitário, seria evitada a emissão de mais de 640 mil toneladas de CO₂, que equivale ao que é emitido na geração de uma quantidade de energia elétrica suficiente para suprir as necessidades diárias de mais de 3,6 milhões de residências brasileiras ao longo de um ano (EMBRAPA, 2010). O cálculo foi baseado na quantidade de CO₂ equivalente liberada pela decomposição anaeróbica da borra em aterros sanitários conforme mostra a figura 16. A reação de decomposição da borra libera ainda metano e N₂O para a atmosfera.



Figura 16 - Decomposição anaeróbica da borra do café em aterros sanitário (Adaptado de EMBRAPA, 2010).

IV.3.2. Incineração

A incineração é um processo bastante utilizado em países desenvolvidos. Caracteriza-se por ser um processo de oxidação em alta temperatura, com a transformação de materiais, redução de volumes e destruição de organismos. Embora seja considerado eficiente possui algumas desvantagens como a emissão de poluições ambientais críticas tal como a geração de dioxinas e o elevado custo de implantação e operação (HAUSER & LEMME, 2007; SHIBAMOTO et al., 2007).

É um processo com um custo mais alto que a disposição final em aterros sanitários, mas a partir dele é possível produzir energia a partir da queima de compostos orgânicos, podendo, então, ser mais vantajoso (MASSARO SOUSA et al., 2019).

No caso da borra de café, a incineração é capaz de produzir energia, podendo ser um processo utilizado na inserção da borra em uma cadeia de produção circular (MASSARO SOUSA et al., 2019). Um exemplo disto é aplicação da energia proveniente da incineração da borra para suprir a necessidade energética de uma planta torrefadora de café ou de produção de café solúvel. Algumas plantas produtoras de café solúvel realizam esse processo, utilizando a borra gerada na produção como combustível nas caldeiras que são utilizadas para gerar o vapor necessário ao processo de fabricação. Para isso, é necessário realizar adaptações nas caldeiras, para que haja combustão de forma eficiente e sem gerar materiais poluentes (CABRAL et al., 2010). Para ser utilizada nas caldeiras, a borra tem que passar por um processo de secagem, o qual pode ser realizado por secadores do tipo rotativo, leito fluidizado

ou pneumático, incluindo uma etapa de eliminação prévia de água, por prensagem ou peneiras vibratórias. Esta secagem é necessária, pois a borra úmida gera uma grande quantidade de vapor, o que implica em maiores custos operacionais (necessidade de complemento de combustível) e maior tamanho da câmara, devido ao volume de vapor d'água, ou seja, a umidade reduz o poder calorífico da borra (CABRAL et al., 2010).

Apesar de ser uma solução interessante em relação aos aterros sanitários, ambientalmente não é a melhor opção devido à emissão de gases poluentes (NO_x e COV⁹) e fuligem. Existem alternativas que podem explorar melhor as potencialidades deste resíduo em relação à incineração, entretanto, estas oportunidades exigem maiores desafios tecnológicos.

IV.3.3. Compostagem e Fertilizantes

Atualmente, a utilização da borra do café pura como fertilizante e compostagem é amplamente divulgada (inclusive para uso caseiro) devido ao nitrogênio e outros minerais em sua composição, essenciais para o crescimento das plantas. Além disso, a borra é ligeiramente ácida, propriedade favorável ao solo. Entretanto, ela possui em sua composição substâncias que não são benéficas, como a cafeína, por exemplo. Essas substâncias podem atrapalhar a germinação de sementes e o desenvolvimento das plantas, impossibilitando a absorção de água e nutrientes. Outro problema é que, por ser muito fino, o pó da borra de café se compacta facilmente. Ou seja, uma camada grossa sobre a terra provavelmente pode endurecer e atrapalhar a penetração de água e a circulação de ar na terra. Portanto, pode-se usar a borra sem processamentos como fertilizante em pequenas quantidades, espalhando suavemente ao redor das plantas, mas não é a solução ideal. (KOVALCIK et al., 2018)

A produção de biocarvão a partir da pirólise lenta da borra do café para ser usado como fertilizante é uma opção mais interessante. A aplicação de biocarvão não exhibe o fenômeno descrito anteriormente, porque qualquer matéria orgânica facilmente liberada é removida anteriormente no processo de pirólise. Sendo assim, o carvão pirolítico proveniente da borra é um fertilizante muito melhor se comparado ao uso direto da borra na terra (KOVALCIK et al., 2018)

Outra aplicação interessante para a borra é acrescentá-la na compostagem. A

⁹ Compostos orgânicos voláteis

compostagem de resíduos orgânicos é um dos métodos mais antigos que se conhece de reciclagem de nutrientes. Consiste em um processo biológico de transformação da matéria orgânica existente nos resíduos em material humificado, que pode ser utilizado como adubo orgânico à agricultura, hortas e jardins, e até mesmo na recuperação de áreas degradadas (CAMPBELL, 1999; KEENER, 2000). No entanto, por ser um processo natural, o composto final pode demorar de algumas semanas a vários meses para se formar, além de exigir grandes áreas para acondicionamento. Para não desequilibrar a mistura, na compostagem, a quantidade de borra não deve passar de 20% do total da massa do composto (MOTA, 2000).

IV.3.4. Ração Animal

Segundo a legislação brasileira, resíduos orgânicos podem ser destinados para a alimentação de animais. No entanto, merecendo algumas considerações, já que a portaria MINTER 53/79¹⁰ proíbe a utilização de lixo “in natura” como ração animal. A expressão lixo “in natura” se refere a resíduos que não passaram por processos de alteração em sua estrutura orgânica – tais como cocção, fermentação ou recebimento de aditivos e conservantes. (IUSNATURA, 2020).

Dessa forma, a borra do café pode ser utilizada como ração animal desde que passe por procedimentos que se adequem à legislação descrita acima. Como levantado anteriormente, a borra possui diversos componentes como proteínas, carboidratos, taninos, fibras, cafeína, celulose, polifenóis, minerais lignina e polissacarídeos. Todos eles têm valor nutricional e podem ser utilizados como complemento para ração animal (OBRUCA et al., 2015).

O alto teor de proteína neste material de baixo custo é uma vantagem, porém a presença de polifenóis e cafeína acima de 2,5% da composição deixam a ração impalatável para animais, gerando uma barreira para esta aplicação (OBRUCA et al., 2015).

Uma das formas de utilizar a borra para esse fim seria, então, o enriquecimento proteico da ração a partir do isolamento das proteínas provenientes da borra. A técnica de separação de proteínas mais difundida se baseia na precipitação isoelétrica e consiste em misturar a borra com água destilada e realizar uma extração sólido/líquido ajustando o pH com NaOH ou HCl 2N. A precipitação isoelétrica é uma técnica que explora a baixa solubilidade das proteínas no seu ponto isoelétrico e é usada na recuperação deste composto

¹⁰ Lei de 1979 que regula a gestão de resíduos sólidos no Brasil.

em soluções aquosas. A proteína sobrenadante é então separada com uma centrífuga, congelada e os lipídios contidos nessa fração são retirados por uma extração com hexano. A fração de proteínas é então concentrada e pode ser aplicada como complemento nutricional (OBRUCA et al., 2015).

IV.3.5. Biocombustíveis e energia

- Biodiesel

A geração de energia através de biocombustíveis vem tendo cada vez mais representatividade na matriz energética nacional, pois se trata de uma alternativa interessante do ponto de vista tecnológico, econômico e ambiental (ANEEL, 2015).

O biodiesel é uma fonte de energia renovável e gera menos emissões de CO₂, partículas e hidrocarbonetos dos motores em comparação aos combustíveis fósseis. As principais matérias-primas para biodiesel, como o óleo de colza e óleo de girassol, podem ser consideradas competitivas devido ao seu uso na nutrição humana (KOURMENTZA et al., 2018). Portanto, é importante para a indústria de biocombustíveis investigar novos biorrecursos para a produção de biodiesel.

Como visto anteriormente, a borra do café contém quantidades significativas de lipídios (9-16 % p/p) que potencialmente poderiam ser utilizados como matéria-prima na produção de biodiesel. O café produz mais lipídeos por unidade de área que qualquer outra matéria prima de biodiesel, 386 kg/ha comparado com 375 kg/ha da soja. Sendo que 90,2% do óleo do café fica retido na borra (ATABANI et al., 2019).

Segundo Kourmentza et al. (2018) assumindo que fosse obtido um rendimento de óleo de café de 15% em peso, isso poderia adicionar aproximadamente 340 milhões de galões de biodiesel no fornecimento mundial de combustível por ano.

Pode-se dizer ainda que o uso do óleo da borra para a obtenção de biocombustíveis é mais indicado do que o óleo extraído diretamente do grão, visto que, comparado aos grãos de café fresco, a borra do café possui pouca cafeína. Como discutido anteriormente neste trabalho, a cafeína é um composto rico em nitrogênio e que quando queimada gera liberação gases NO_x. Sendo assim, o biodiesel produzido a partir do óleo extraído da borra mostra-se menos poluente do que se for produzido a partir do óleo extraído dos grãos de café.

O processo de obtenção de biodiesel a partir da borra do café (figura 17) consiste,

primeiramente, em uma extração sólido-líquido para a obtenção do óleo utilizando solventes como hexano, éter ou diclorometano, sob condições de refluxo. O rendimento deste processo pode variar de 9 a 16% (LIU et al., 2017). Em seguida, é feita uma extração líquido-líquido para retirar o solvente do óleo e, por último, é feita uma transesterificação, com rendimento de 98%, do óleo para produzir biodiesel (KOURMENTZA et al., 2018), gerando glicerol como subproduto.

Vale ressaltar que o óleo da borra tem características muito ácidas, o que pode fazer que o processo fique dispendioso. Como ele precisa de escala para ser realizado, seriam necessários custos elevados com matéria-prima para neutralizar esse óleo. Uma solução seria a mistura desse óleo com o extraído de outros resíduos e que tenham uma característica menos ácida (KARMEE et al., 2018)

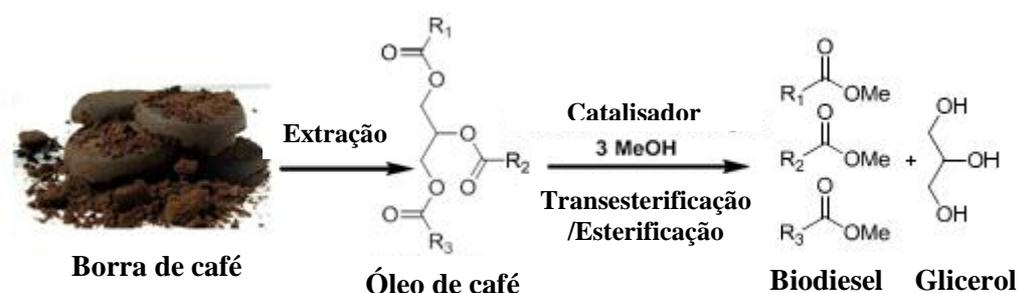


Figura 17 – Processo de produção de biodiesel a partir da borra do café (Traduzido de Karmee, 2018)

Kookos (2018), realizando uma avaliação econômica e ambiental da produção de biodiesel por borra de café, concluiu que a economia de processo pode ser atraente apenas no caso de um processo centralizado em uma planta de produção em larga escala. A produção de biodiesel dessa forma não é economicamente adequada para unidades de pequena escala devido aos custos logísticos. Essa questão será melhor avaliada posteriormente nas próximas etapas deste trabalho.

- Bio-óleo e biocarvão

O bio-óleo é um combustível renovável conhecido também como óleo de pirólise, bio-óleo bruto, alcatrão pirolítico, alcatrão pirolenhoso, licor pirolenhoso, líquido de madeira, óleo de madeira. Sua principal matéria-prima é a biomassa, ou seja, substâncias de origem orgânica (vegetal, animal, etc.) e sua fabricação consiste numa série de transformações físico-químicas, que originam um líquido de coloração negra e bastante viscoso, podendo ser empregado na geração de energia elétrica, aquecimento doméstico,

fertilizantes orgânicos, aditivos para combustíveis e como combustíveis (após ser refinado) (DE ALMEIDA, 2008).

A obtenção do bio-óleo se dá por meio da pirólise ou liquefação, gerando compostos diferentes, dependendo do processo, como mostra a figura 18 (KARMEE et al., 2018). Existem estudos na literatura que demonstram a aplicabilidade da borra do café como matéria-prima para a fabricação de bio-óleo.

O processo de pirólise se caracteriza pela queima e degradação térmica da biomassa (borra do café) a temperaturas de 500 °C, na ausência total de oxigênio. O resultado origina gás, líquido e sólido. O gás é composto de monóxido de carbono, dióxido de carbono e hidrocarbonetos leves. O líquido de coloração escura é chamado de bio-óleo e o sólido de carvão vegetal. Os rendimentos e a qualidade dos produtos são influenciados pelas condições operacionais empregadas. Além disso, a pirólise recebe diferentes denominações dependendo das condições utilizadas. Na pirólise lenta, ou carbonização, são empregadas baixas temperaturas e longos tempos de residência favorecendo a produção de carvão vegetal. Altas temperaturas e longos tempos de residência favorecem a formação de gases. Temperaturas moderadas e baixo tempo de residência dos gases favorecem a produção de líquidos (bio-óleo) (DE ALMEIDA, 2008).

O óleo resultante da pirólise de biomassa, denominado genericamente de bio-óleo, além de ser um combustível líquido renovável, pode ser usado para a produção de inúmeras substâncias químicas, sendo esta a principal vantagem sobre derivados do petróleo (YANG et al., 2016).

De acordo com a literatura no tema, os compostos oxigenados do bio-óleo, originários da pirólise de biomassa têm potencial para compor misturas com os combustíveis fósseis utilizados em veículos de transporte. A semelhança de características físicas e químicas das frações do bio-óleo com o álcool combustível comercializado no Brasil indica a possibilidade de uso destes em mistura com a gasolina, compondo um blender ou substituindo o álcool etílico anidro combustível (DE ALMEIDA, 2008).

A liquefação é a transformação da biomassa em produtos líquidos através de um processo a altas pressões (50-200atm) e moderadas temperaturas (250 – 450C). Nesse processo a carga é uma suspensão de biomassa em um solvente e a reação é conduzida sob atmosfera redutora de hidrogênio e ou monóxido de carbono na presença ou não de catalisadores. O solvente normalmente utilizado é a água (liquefação hidrotérmica), mas são também empregados outros solventes orgânicos como álcoois, fenóis, óleo creosoto e etileno glicol. O bio-óleo obtido através da liquefação possui um menor teor de oxigênio que o bio-óleo oriundo da pirólise, contudo, possui uma viscosidade maior (DE ALMEIDA, 2008). A figura 18 mostra os compostos gerados a partir dos processos de liquefação e pirólise da borra do café.

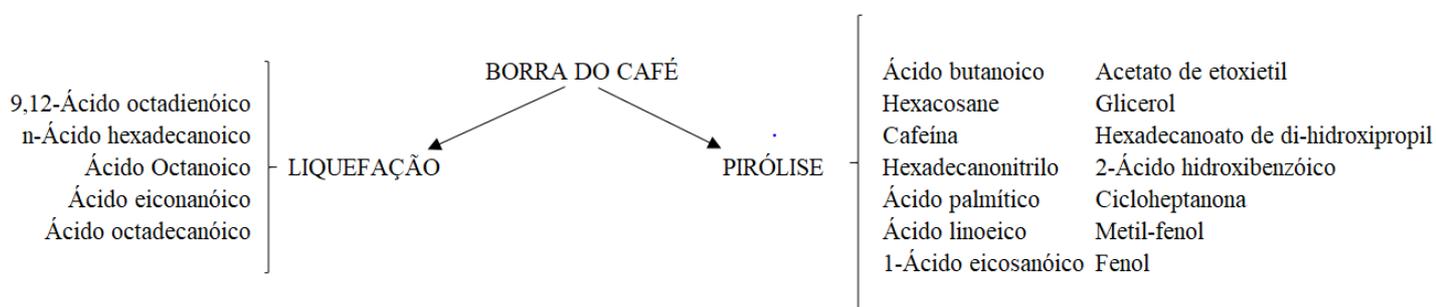


Figura 18 -Resultados da liquefação e pirólise da borra do café (Adaptado de Karmee et al., 2018)

- Gás de síntese

A gaseificação de biomassa é uma forma de obtenção de energia renovável que consiste em converter combustível de biomassa sólida, reagindo-a a pressões e temperaturas moderadas com oxidantes como ar e vapor, em uma mistura combustível gasosa chamada gás de síntese. Esse gás consiste em monóxido de carbono, hidrogênio, CO₂ e metano e pode ser queimado utilizando-se um motor de combustão interna normal (ATABANI et al., 2019).

De acordo com Kondamudi et al., 2008, a obtenção de gás de síntese via gaseificação a vapor da borra do café demonstrou ser viável. Neste processo, realiza-se primeiramente uma pirólise da borra. Este processo normalmente é realizado em um reator tubular de quartzo de leito fixo, sob fluxo de nitrogênio. O alto conteúdo de matéria volátil da borra de café (~78%) e a variedade de espécies voláteis são uma vantagem, pois contribui para o desenvolvimento da estrutura porosa do biocarvão resultante, aumentando sua reatividade (KONDAMUDI et al., 2008).

Em seguida, a gaseificação a vapor é realizada a 1 bar, em temperaturas entre 650 e 850°C e pressão parcial de vapor entre 0,05 e 0,3 bar (KONDAMUDI et al., 2008). A

produção de gás de síntese via gaseificação de biocarvão aumenta com a temperatura. A produção de monóxido de carbono ocorre desde o início da reação. A produção de hidrogênio começa após 20% de conversão, enquanto a formação de CO₂ ocorre durante toda a reação, atingindo concentrações mais altas entre 5 e 20% de conversão. A concentração de metano mostra-se baixa. O gás de síntese produzido pode ser posteriormente transformado em combustíveis líquidos via síntese de Fischer-Tropsch (ATABANI et al., 2019).

- Bioetanol

O bioetanol é um combustível renovável que pode ser produzido a partir de resíduos agroindustriais, como o bagaço de cana-de-açúcar, o milho e a celulose. O uso de culturas e resíduos não alimentares supera os limites éticos relativos ao uso de terras aráveis para a produção de combustível. Nesse contexto, uma potencialidade de aplicação interessante para a borra do café é a produção de bioetanol.

Sabe-se que grãos de café e, portanto, a borra de café contém uma quantidade substancial de carboidratos (MUSSATTO et al., 2012). Isso faz com que este resíduo seja uma matéria-prima potencial para a produção de bioetanol (MUSSATTO et al., 2012).

No entanto, a conversão direta de borra do café em bioetanol (sem extração de óleo) não é possível devido à existência de triglicerídeos que inibem a atividade do processo de sacarificação enzimática (ATABANI et al., 2019). Esse fato é interessante, pois poderia ser o primeiro passo para o planejamento de uma biorefinaria de borra do café (KWON et al., 2013), visto que extração lipídica da borra é necessária para produzir bioetanol, enquanto os lipídios podem ser utilizados na produção de biodiesel.

Na produção, primeiramente, o material lignocelulósico presente na matéria-prima é pré-tratado, por hidrólise, para obter pequenos açúcares. A hidrólise da borra de café utilizada é realizada usando métodos catalisados por ácidos, bases e/ou enzimas (ATABANI et al., 2019). O hidrolisado é, então, submetido à fermentação com levedura *Saccharomyces cerevisiae*, produzindo bioetanol com rendimento de 0,46 g/g (MUSSATTO et al., 2011).

- Biogás

A digestão anaeróbica como método de tratamento de resíduos orgânicos tem um enorme potencial. Dessa forma, de acordo com Giroto et al (2017), a produção deste combustível a partir de borra de café é um processo que merece atenção especial.

A produção de biogás a partir da borra é um método alternativo para a produção de energia renovável, combinado com o tratamento biológico da mesma. O biogás produzido consiste principalmente em metano e etano, com pequena porcentagem de propano, sendo que as composições dependem das condições de operação (KWON et al., 2013).

O processo consiste em tratar a borra anaerobicamente em um sistema de fermentação termofílica de metano. Muitos digestores anaeróbicos comerciais podem aceitar uma variedade de substratos, como resíduos orgânicos, borra de café, resíduos de alimentos, esterco e sólidos voláteis que tenham uma demanda química de oxigênio e teor de umidade elevados. Sendo assim, esses digestores podem ser utilizados para co-digestão de borra de café junto a outros resíduos orgânicos, sendo capaz de produzir biogás em escala industrial. Nesse sentido, existe uma oportunidade de colaboração entre indústrias e estabelecimentos comerciais para a captação da borra nos comércios e posterior realização do processo de co-digestão pela indústria.

- Geração de energia elétrica

A produção de energia elétrica, a partir da borra do café, utilizando células de combustível de carbono em alta temperatura foi avaliada recentemente (KOURMENTZA et al., 2018). Uma célula de combustível é uma célula eletroquímica capaz de gerar energia elétrica através de reações de oxirredução. Seu funcionamento baseia-se no mesmo princípio das pilhas e baterias, entretanto, na célula combustível, o fornecimento e consumo dos agentes redutores e oxidantes é contínuo, garantindo seu funcionamento por muito mais tempo, uma vez que não haverá esgotamento de seus reagentes e sua é operação ininterrupta, visto que não tem necessidade de “recarrega” (TICIANELLI, 2005).

Este processo de geração de energia tem alta eficiência, pois a conversão de energia química para elétrica se dá diretamente, evitando perdas, como ocorre nos processos a partir da queima de combustíveis fósseis, por exemplo, em que a energia química primeiramente é transformada em térmica, depois cinética e, só então, elétrica. Além disso, tem baixo impacto ambiental, pois emite poucos poluentes. Suas principais desvantagens são o alto custo de produção e a elevada pureza que o hidrogênio (combustível para o funcionamento da célula) deve ter para que não haja contaminação do catalisador (TICIANELLI, 2005).

Apesar da borra ter um baixo teor de carbono fixo, foi demonstrado um bom desempenho nas células de combustível, já que conta com a presença de heteroátomos e

hidrogênio em sua composição. Em um processo de gaseificação de borra do café, há formação de compostos oxidáveis: H₂, CO e hidrocarbonetos. Assim, demonstra-se o potencial da borra como matéria-prima para a geração sustentável de eletricidade em células de combustível, embora esta tecnologia ainda não esteja bem estabelecida e tampouco já tenha um mercado garantido (KUA et al., 2017).

IV.3.6. Indústria Alimentícia

A borra do café é um resíduo da indústria alimentícia, dessa forma, é lógico pensar que este resíduo possui, em sua composição, diversos nutrientes que podem ser reaproveitados nesta indústria. Além da aplicação na produção de ração animal, como discutido anteriormente, existem rotas tecnológicas que tentam sair desse viés e estudar a valorização da borra em outros produtos alimentícios de maior valor agregado.

Por ser um subproduto de uma oleaginosa, a borra é rica em proteínas e gorduras benéficas. Como relatado em diversos estudos e explicitado nas discussões anteriores, a borra do café contém grandes quantidades de compostos orgânicos, como proteínas, carboidratos, taninos, fibras, cafeína, celulose, polifenóis, minerais, lignina e polissacarídeos. Além de mais de 700 compostos voláteis que permanecem insolúveis na borra durante o processo de extração e, portanto, podem ser valorizados de diferentes maneiras (ATABANI et al., 2019).

Para confirmar que a borra é aplicável para ser utilizada na indústria alimentícia, é preciso caracterizar que tipo de resíduo ela é. A caracterização de resíduos sólidos é realizada através da norma NBR 10.004 da ABNT:

a) Resíduos classe I – Perigosos: Característica apresentada por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, pode apresentar: risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices; risco ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

b) Resíduos classe II – Não perigosos:

Classe IIA – Não inertes: Os resíduos podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade, solubilidade em água.

Classe IIB – Inertes: Quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme teste-padrão de solubilização

NBR 10.006 - Solubilização de Resíduos – (ABNT, 2004), não tiveram nenhum de seus componentes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Portanto, a borra se caracteriza com um resíduo Classe IIA (não perigoso e não inerte) e pode ser reciclada na indústria de alimentos, desde que seja estocada em ambiente seco, inerte, por até 3 dias e não tenha tido contato com nenhum outro tipo de resíduo (KHELIL et al. 2016). De outra forma, ela poderia ser um ambiente propício para o crescimento de patógenos. Vale lembrar que, para a maior parte dos casos nos quais este resíduo é aproveitado, ele deve ser separado de qualquer outro resíduo alimentar.

Sobre as potencialidades da borra, existem nela diversos nutrientes passíveis de aproveitamento. Os polissacarídeos, principalmente galactomananos e arabinogalactanos, são polímeros que podem ser extraídos da borra com potencial de serem utilizados como fibra alimentar (KHELIL et al. 2016). As fibras alimentares compreendem as partes comestíveis dos vegetais presentes nas frutas, legumes, verduras e hortaliças e do amido resistente encontrado em leguminosas e grãos (cereais integrais) que resistem ao processo de digestão. Apesar disso, elas são imprescindíveis à dieta e atuam como “vassouras”, que carregam os resíduos alimentares e a gordura excedente na alimentação pelo intestino, baixando o nível de colesterol absorvido e regulando o intestino (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2020).

Uma segunda aplicação, relatada por Martizez-Saez et al. (2017), é o uso da borra na composição de um cookie comercial. A ideia proposta pelos autores foi criar uma receita comercialmente aceitável, com alta qualidade nutricional e sensorial e ainda potencial para reduzir o risco de doenças crônicas como obesidade e diabetes. Segundo os autores, a borra do café é uma fonte natural de fibras alimentares insolúveis, rica em antioxidantes, proteínas, aminoácidos essenciais e açúcares com baixo índice glicêmico. Portanto, pode ser usada diretamente como ingrediente alimentar em alimentos sólidos, como biscoitos, sem afetar qualidade final do produto. Essa formulação é interessante, pois se trata de uma oportunidade de valor agregado para a utilização de subprodutos do café a um custo muito baixo. O trabalho de Martizez-Saez et al. (2017) fez uma análise completa dos cookies quanto a composição, análise sensorial e segurança. Foram feitos testes com 6 composições de biscoito diferentes e, no final, o produto obtido foi um cookie com baixo índice glicêmico, seguro para ingestão e agradável a 92% dos testados na análise sensorial.

Outros dois estudos também focaram na fabricação de cookies a partir da borra do café. Segundo Sérgio et al. (2012), a borra é rica em compostos fenólicos, os quais possuem bom efeito antioxidante no organismo e previnem o avanço de doenças degenerativas e câncer. Portanto, segundo o estudo, o resíduo do café é um material obtido com baixo custo e que pode ser facilmente aplicado como aditivo alimentar. O cookie obtido nesse estudo obteve boa aceitação na análise sensorial. Na mesma linha, Aguillar-Raymundo et al. (2012) também avaliaram a utilização da borra como aditivo alimentar e fabricaram cookies para exemplificá-la. O foco também é o benefício trazido pelos compostos fenólicos e o cookie, mais uma vez, demonstrou bons resultados na análise sensorial, sendo os cookies mais bem aceitos os de proporção de 17,5 g borra/100 g cookie.

Outra utilização interessante da borra na indústria alimentícia é o seu uso para o crescimento de fungos e cogumelos para a alimentação humana. Khelil et al. (2016) realizaram um estudo nesta aplicação que obteve resultados favoráveis. O único cuidado seria a separação de antioxidantes antes do procedimento, pois eles podem inibir a atividade microbiana. Esse processo é usualmente feito via extração com solvente orgânico, geralmente etanol, metanol ou propanol. Em seguida, o processo é relativamente simples, já que se trata de apenas criar, com a borra do café, um meio de cultura propício para os fungos, mantendo as condições ideais de temperatura e umidade.

Ainda, mais uma opção de aplicação na indústria alimentícia, seria a recuperação de flavorizantes a partir do óleo da borra para alimentos processados, especialmente pela composição rica em cetonas, fenóis, pirróis¹¹ e diversos outros compostos presentes originalmente na bebida do café, típicos de seu aroma. Para a recuperação de fenóis, o etanol é o solvente mais usado na extração. Porém, outros solventes orgânicos, como o metanol e o isopropanol, também são viáveis (KOURMENTZA et al., 2018). A extração de polifenóis da borra do café usando etanol aquoso e otimização de parâmetros foi examinada recentemente. Segundo a literatura, todos os parâmetros (concentração, temperatura e tempo) afetam significativamente, mas independentemente, a extração de polifenóis. Em estudos anteriores, o SCG fenólico o conteúdo foi recuperado em até 90% com etanol aquoso a 60% v / v a 60 °C durante 180 min (KOURMENTZA et al., 2018).

Osorio-Arias et al. (2020) avaliaram a viabilidade da fortificação de iogurte de estilo

¹¹ O pirrol ou pirrole, C₄H₅N, é, por definição, um composto orgânico heterocíclico aromático insaturado com anéis de 4 carbonos.

grego com um ingrediente recentemente desenvolvido que consiste em borra de café misturado com soro de queijo. Segundo o artigo, diversas composições de iogurte foram testadas e analisadas usando uma bateria de testes, incluindo produção de soro, capacidade de retenção de água, firmeza, propriedades reológicas, conteúdo de proteínas, lisina disponível e atividade antioxidante. Os resultados, mostram que a fortificação da base de leite com a borra do café como fonte de proteína não mostrou diferenças sensoriais significativas em comparação com o iogurte de controle. A fortificação de um iogurte tipo grego com esse ingrediente recém-desenvolvido oferece oportunidades para a utilização da borra, visto que a maioria da indústria de laticínios da América Latina não possui tecnologia para recuperar as proteínas de soro de leite e a criação de valor deste processo é de grande relevância (OSORIO-ARIAS et al., 2020). Uma ampliação desta aplicação, entretanto, exigirá o estudo da descrição sensorial do produto, bem como da aceitação do consumidor.

IV.3.7. Indústria Cosmética e Farmacêutica

Recentemente, o interesse em produtos naturais derivados de vegetais tem aumentado, resultado da busca dos consumidores pelo menor número de compostos sintéticos possível. Neste sentido, a borra do café se mostra como uma potencialidade para este setor, visto que contém diversos compostos relacionados à saúde humana e ao bem-estar.

A presença de óleos essenciais antioxidantes na borra de café faz com que esse resíduo se torne um potencial produto intermediário para as indústrias de cosméticos e farmacêutica. Ela possui alto conteúdo orgânico e energético, o qual deve ser explorado de maneira adequada. Sendo assim, a borra pode ser utilizada de diferentes maneiras para o aproveitamento de seus vários tipos de compostos bioativos com atividades antioxidantes, antitumorais e adsorventes com aplicações nas indústrias farmacêutica, cosmética e química (SHANG et al., 2017). Dentre estes compostos, estão polifenóis, flavorizantes, açúcares e proteínas.

Os polissacarídeos galactomanos e arabinogalactanos podem ser utilizados como antioxidantes e agentes antimicrobianos. Eles são polímeros que, como abordado anteriormente, tem função como fibra alimentar, mas também apresentam atividade imunestimuladora, o que desperta o interesse da indústria farmacêutica (SHANG et al., 2017).

A borra de café é também rica em compostos fenólicos, que possuem atividades

antioxidantes, antibacterianas, antivirais e anti-inflamatórias demonstradas (PETTINATO et al., 2017) e, portanto, são de forte interesse das indústrias de cosméticos e farmacêutica. A recuperação de compostos fenólicos dos subprodutos do café é usualmente feita usando uma mistura solvente de etanol e água, ou metanol. (KOURMENTZA et al., 2018).

Outros compostos presentes em altos níveis na borra e que possuem aplicação na indústria de cosméticos são os ácidos linoleico e palmítico, que também possuem propriedades antioxidantes. Eles são excelentes aditivos para cremes faciais, esfoliantes e para a fabricação de sabonetes (KOURMENTZA et al., 2018).

As isoflavonas, encontradas no óleo da borra, são fitoestrogênios encontrados em plantas, reconhecidos por terem propriedades cosméticas e medicinais capazes de atrasar o envelhecimento, prevenir cânceres e, mais especificamente para as mulheres, reduzir os sintomas da menopausa (PETTINATO et al., 2017). O efeito anti-idade da borra do café é tão conhecido, que existem diversos blogs e tutoriais na internet ensinando a aplicação de uma mistura de borra e água no rosto para obter hidratação e proteção da pele. (PETTINATO et al., 2017)

Destaca-se que, para a aplicação desses compostos na indústria de cosméticos e farmacêutica, é necessário que se tenha um cuidado com o tempo de armazenamento da borra, que deve ser curto entre o momento da geração do resíduo e o início do processo de transformação.

IV.3.8. Biopolímeros

Verificou-se que a borra do café é um substrato excelente para a produção de poli-hidroxicanoatos (PHAs) devido ao alto número de átomos de carbono por peso. Isso indica o alto potencial dos resíduos da indústria cafeeira para produção de biopolímeros. No entanto, é necessário um trabalho adicional para que os processos utilizando a borra como matéria-prima tenham bom rendimento. (KOURMENTZA et al., 2018)

Os poli-hidroxicanoatos (PHAs) são poliésteres naturais acumulados por várias bactérias na forma de grânulos intracelulares. Sua produção é promovida durante a fermentação em condições de crescimento desequilibradas, onde um nutriente essencial para o crescimento é limitado em concentração, enquanto o carbono é excedente. Sua natureza biodegradável apresenta um enorme benefício social e ambiental e os PHAs podem substituir gradualmente os polímeros convencionais, como o polipropileno (PP) e o polietileno de baixa

densidade (LDPE), uma vez que possuem propriedades físico-químicas semelhantes (KOURMENTZA et al., 2018). No entanto, sua industrialização é desafiadora devido ao seu alto custo de produção, estimado em 3 e 4 vezes mais em comparação aos plásticos convencionais, dessa forma, é preciso que a escala da planta seja elevada para que o investimento valha a pena (KOURMENTZA et al., 2018).

O óleo extraído da borra do café por extração supercrítica de fluidos utilizando CO₂ foi avaliado, em alguns estudos, como fonte de carbono para a produção de PHAs (XU et al., 2017). O óleo da borra é composto principalmente de triglicerídeos, majoritariamente de ácido palmítico (39,7% p / p) e linoleico (38,4% p / p).

Outra forma de produção de PHAs é pela hidrólise da borra seca, após a retirada do óleo via extração n-hexano, sendo necessário extrair também os polifenóis da fração de borra desengordurada antes da hidrólise (OBRUCA et al., 2015).

Portanto, o óleo da borra parece ser um substrato interessante para a produção de PHAs. Destaca-se que a produção de PHAs depende também, além do substrato e do meio de crescimento fornecido, da estratégia de biocatalisador e de fermentação. Vale ressaltar ainda que a separação do PHA da célula é um processo complicado e que encarece a produção, uma vez que ele é produzido de forma intracelular.

Outra funcionalidade da borra para a produção de biopolímeros é o seu uso como aditivo e reforço funcional em compósitos. O conceito representa uma maneira alternativa de reciclar o resíduo do café, contribuindo para a melhoria das propriedades dos compósitos formados e aumentando sua biodegradabilidade.

O biopolímero polilactídeo (PLA) tem sido estudado para fabricar composições com borra de café. Existem reações de condensação entre os sacarídeos, presentes na borra, e os grupos anidrido carboxila do PLA. Por microscopia eletrônica de varredura (MEV) revelou-se que a morfologia do blend PLA/borra é consistente, mostrando boa adesão entre a fase borra e a matriz do PLA, ficando evidente também as propriedades mecânicas aprimoradas do composto. Além disso, a taxa de biodegradação do blend PLA/borra é maior em comparação ao PLA puro (ESSABIR et al., 2018). Algumas empresas já utilizam a borra como matéria-prima de seus compósitos, como será visto adiante.

IV.3.9. Adsorventes

Os biossorventes sustentáveis estão cada vez mais requisitados no mercado e são possíveis aplicações para o tratamento de resíduos líquidos. A borra do café pode ser usada como um adsorvente barato para a remoção de corantes, metais pesados e poluentes (OBRUCA et al., 2015). Segundo, OBRUCA et al., 2015, a borra pode ser usada como adsorvente para a remoção de corantes solúveis em água: violeta cristalino, verde malaquita, amido preto 10B, vermelho congo, marrom bismarco Y, acridina laranja e safranina. Da mesma forma, vários metais pesados, como Cd (II), Cu (II), Pb (II), Cr (VI), Ni (II) e Zn (II) são removidos usando borra de café e outros resíduos de café (KARMEE et al., 2018).

Davila-Guzman et al. descreveram que borra de café, pré-tratada com hidróxido de sódio, é explorada como biossorvente para remoção de Cu (II) de soluções aquosas. As análises de espectroscopia em infravermelho revelaram que os grupos funcionais carboxila e hidroxila presentes na borra do café usados são responsáveis pelo isolamento do cobre (DAVILA-GUZMAN et al., 2013).

Vale ressaltar que, se torrada, a borra aumenta suas propriedades adsorptivas. No estudo de Utomo et. Al., 2006, a borra do café foi torrada entre 170 °C e 220 °C. Os resultados indicam que para Cd (II), Cu (II) e Pb (II) ocorreu um aumento na adsorção com o aumento da temperatura de torrefação acima de 170 °C. Esse fato pode ser considerado uma barreira à aplicação da borra como adsorvente, uma vez que o processo demanda altos gastos de energia para ser realizado.

IV.3.10. Análise das alternativas

Ao longo deste capítulo, diversas aplicações da borra foram levantadas como possíveis soluções para a aproveitamento do resíduo e sua aplicação na economia circular. Porém, a escolha de apenas uma dessas soluções para agregar valor ao resíduo não é necessária, já que mais de uma alternativa poderia ser aplicada. Nesse sentido, surge o conceito de biorrefinaria de borra de café, que seria um caminho para explorar ao máximo as potencialidades que este resíduo pode oferecer, de uma forma mais rentável e economicamente viável. A partir da análise dos artigos e reviews selecionados e da discussão levantada neste capítulo é proposta uma árvore de oportunidades que esquematiza todas as possibilidades de valorização e de destinações da borra de café, tratadas nesta etapa do trabalho (figura 19).

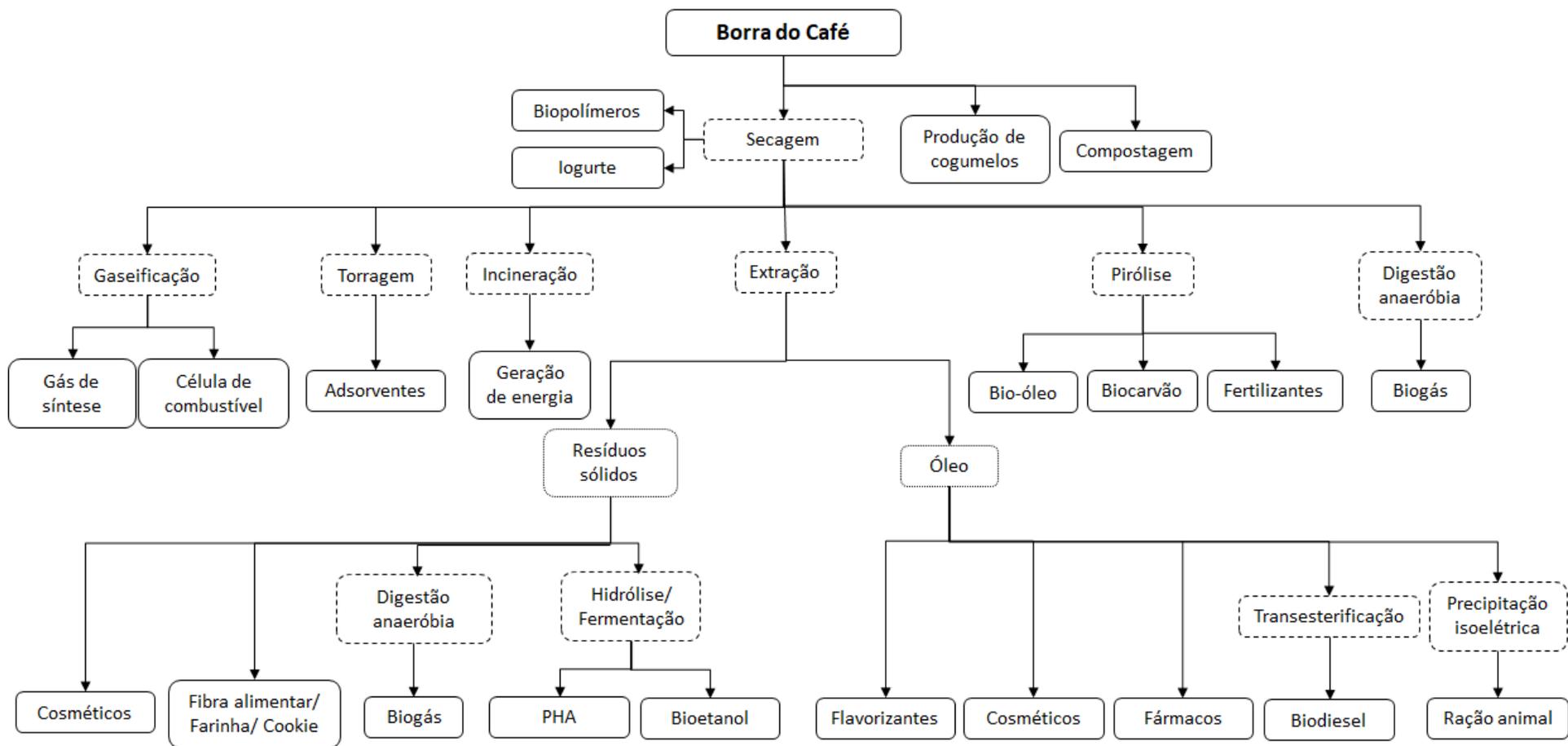


Figura 19 - Organograma oportunidades de utilização da borra do café

Analisando as oportunidades, pode-se dizer que, devido às suas características físico-químicas, a borra pode ser destinada a diversas aplicações, seja na obtenção de eletricidade e biocombustíveis, seja sendo incorporada em compósitos aumentando sua biodegradabilidade, seja sendo reinserida na indústria alimentícia podendo caracterizar um sistema de economia circular, entre muitos outros.

A secagem da borra é um processo necessário para a maioria de suas destinações, sendo uma etapa importante comum aos processamentos nas vias que agregam mais valor a este resíduo. Um ponto relevante a ser destacado é o fato de que a borra úmida pode exceder 65% de umidade em massa (Kookos, 2018). Sendo assim, o processo de secagem reduz consideravelmente a massa da borra sendo obtidos cerca de 0,35kg de borra seca para cada kg de borra úmida.

A extração de óleo da borra é uma etapa crítica para viabilizar a agregação de valor à indústria de reciclagem da mesma, pois nele estão muitos dos compostos de interesse das indústrias de cosméticos, farmacêutica e de alimentos. Alguns estudos recomendam a extração dos lipídios da borra (óleo), seguida da hidrólise direta dos polissacarídeos dos resíduos sólidos para obter o açúcar fermentado para produzir bioetanol. Posteriormente, o resíduo sólido restante pode ser utilizado para outras aplicações.

Entretanto, a utilização da borra de café para a produção de biocombustíveis requer grande escala, o que dificulta que o processo seja economicamente vantajoso, visto a dificuldade da coleta deste resíduo em grandes quantidades nos estabelecimentos. Uma outra opção seria utilizá-la como matéria-prima para produzir produtos de maior valor agregado, como polímeros, compósitos e cosméticos, sendo uma forma de adicionar valor ao aproveitamento do resíduo. Mais adiante no trabalho, a questão da escala e barreiras tecnológicas para a viabilização dessas oportunidades serão abordadas com mais detalhes.

Pode-se destacar ainda, que a separação de antioxidantes é considerada uma etapa necessária para algumas das aplicações levantadas, como por exemplo para uso como meio de crescimento para cogumelos, uma vez que esses compostos inibem o crescimento de leveduras. Ao mesmo tempo, os antioxidantes recuperados podem ser implementados na formulação de produtos farmacêuticos, cosméticos e alimentos funcionais com benefícios percebidos à saúde, sendo esta uma oportunidade de maximizar os componentes da borra, fazendo uma integração entre duas ou mais aplicações para o resíduo.

Outra possibilidade de integração é a hidrólise da borra para obtenção de açúcares fermentáveis, servindo como precursores para compostos de alto valor agregado como cosméticos e fármacos, enquanto os restos da hidrólise, matéria orgânica não aproveitada nessa etapa, são encaminhados para a produção de biogás ou recuperação de energia ao invés de serem descartados. O que resta dos resíduos também pode ser utilizado para a obtenção de farinha de borra de café, rica em nutrientes.

No caso de processamentos que necessitam que a borra passe por um processo de extração, o resíduo sólido restante (sem o óleo) pode ser utilizado de diversas maneiras, como na produção de biocombustíveis (biogás e bioetanol), de gás de síntese e produtos ligados às indústrias cosmética e farmacêutica. A produção de biodiesel com o óleo extraído e a posterior produção de bioetanol a partir do resíduo é um exemplo de integração entre duas aplicações do mesmo setor e que pode contribuir para a economia dessa indústria. No entanto, utilizar o resíduo sólido para produzir biogás, adsorventes ou compostos bioativos para as indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética parece ser um caminho mais econômico, visto que essas soluções não precisam necessariamente de escala elevada para serem economicamente viáveis e, portanto, demandam menores investimentos.

Todas essas soluções contribuem para a economia circular, substituindo a economia linear caracterizada pelo descarte improdutivo e poluente dos resíduos. Na economia circular, modelo aplicado nas soluções encontradas neste trabalho, os recursos são reciclados e utilizados de maneira inteligente, contornando a necessidade de recursos virgens e colaborando com a redução da geração de resíduos. O principal objetivo deste modelo é recuperar e regenerar recursos que estariam no "final" de suas vidas úteis.

A tabela 8 relaciona as barreiras tecnológicas e não-tecnológicas das oportunidades aplicação da borra levantadas ao longo deste capítulo. O objetivo deste exercício é criar uma base para a discussão sobre quais soluções são relevantes e competitivas para aplicação no caso do Rio de Janeiro, como será avaliado nas etapas seguintes deste projeto.

A identificação das barreiras tecnológicas e não-tecnológicas foi baseada nos artigos e reviews explorados, procurando-se destacar as principais dificuldades identificadas durante a leitura e análise destes documentos. Vale ressaltar que a viabilização dessas oportunidades depende também da superação de outras barreiras que não podem ser identificadas somente pela literatura.

Tabela 8 - Barreiras tecnológicas e não-tecnológicas para aproveitamento da borra de café

Aplicação	Produtos	Barreiras tecnológicas	Barreiras não-tecnológicas
Biocombustíveis	Biodiesel	Acidez elevada da matéria-prima	Escala elevada e concorrência com outras rotas de produção
	Bioetanol	Triglicerídeos inibem atividade enzimática e hidrólise enzimática	Escala elevada e concorrência com outras rotas de produção
	Bio-óleo	Pirólise a temperaturas elevadas	Escala elevada
	Biocarvão	Pirólise a temperaturas elevadas	Escala elevada
	Gás de Síntese	Pirólise a temperaturas elevadas	Escala elevada
	Biogás	Manter condições para o crescimento de bactérias	Escala elevada
	Geração de energia	Temperaturas elevadas no processo de gaseificação	Escala elevada
Indústria alimentícia	Fibra alimentar	Separação de polissacarídeos	Tempo de armazenamento da borra
	Biscoito/Farinha	Sem barreiras	Tempo de armazenamento da borra
	Flavorizantes	Muitos tipos de separação para compostos diferentes	Tempo de armazenamento da borra
	Crescimento de cogumelos	Separação dos antioxidantes	Sem barreiras
	Iogurte	Extração de Proteínas	Possível variação no gosto do produto final (impacto na análise sensorial)
Indústria de cosméticos	Compostos fenólicos	Sem informação	Sem informação
	Ácido linoleico e palmítico	Processo de extração	Tempo de armazenamento da borra
	Isoflavonas	Procedimento de separação	Tempo de armazenamento da borra
Indústria farmacêutica	Polissacarídeos	Separação de polissacarídeos	Tempo de armazenamento da borra
	Isoflavonas	Sem informação	Tempo de armazenamento da borra
Agricultura	Compostagem	Porcentagem de borra no composto	Tempo elevado para o processo total
	Fertilizantes	Pirólise (alto gasto energético)	Substâncias não benéficas ao solo e compactação do mesmo
Biopolímeros e biocompósitos	PHA	Extração com fluido supercrítico e retirada do polímero do meio intra-celular (alto custo)	Sem informação
	Compósito PLA/Borra	Adesão da borra com a matriz	Desenvolvimento de novos mercados
Tratamento de efluentes	Adsorventes	Torreificação do grão (alto gasto energético)	Sem informação
Alimentação animal	Ração	Isolamento de proteínas	Tempo de armazenamento da borra
Incineração	Produção de energia	Procedimento a altas temperaturas	Poluição do ar e custo do processo

Na tabela 8, algumas aplicações indicam escala elevada como barreira não-tecnológica. Neste contexto, o termo “escala elevada” representa na verdade os desafios que são inerentes a processos de larga escala, nestes casos, a logística de captação da borra e quantidade de borra necessária para que o processo seja economicamente vantajoso.

Uma segunda análise qualitativa das oportunidades foi realizada, com base no aspecto econômico e tecnológico das alternativas. O objetivo é avaliar o grau dos desafios encontrados para implementação das oportunidades nesses dois âmbitos. Para isso, foram formuladas 5 perguntas, as quais vão auxiliar na definição de quais soluções são mais favoráveis a serem desenvolvidas comercialmente. São elas:

1. O produto final pode ser comercializado de forma competitiva em pequena escala?
2. A tecnologia já é utilizada em escala comercial?
3. A tecnologia necessária já é explorada comercialmente tendo a borra do café como matéria-prima?
4. A solução é viável com baixo investimento em CAPEX¹²?
5. O produto final, tendo a borra do café como matéria-prima, caracteriza um produto que já está inserido no mercado?

A tabela 9 traz, então, as respostas a essas perguntas e um indicativo de quantas delas são respondidas de forma favorável à aplicação da borra no desenvolvimento dos produtos estudados.

¹² Quantidade de recursos financeiros alocados para a compra de bens de capital de uma determinada companhia (Suno, 2020).

Tabela 9 - Análise comparativa das alternativas

Produtos	1	2	3	4	5	Pontos favoráveis
Biodiesel	Não	Sim	Não	Não	Sim	2
Bioetanol	Não	Sim	Não	Não	Sim	2
Bio-óleo	Não	Sim	Não	Não	Sim	2
Gás de Síntese	Não	Sim	Não	Não	Sim	2
Biogás	Não	Sim	Não	Não	Sim	2
Fibra alimentar	Sim	Sim	Não	Sim	Não	3
Biscoito	Sim	Sim	Não	Sim	Não	3
Farinha	Sim	Sim	Não	Sim	Não	3
Flavorizantes	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	4
Iogurte	Sim	Sim	Não	Sim	Não	3
Crescimento de cogumelos	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	4
Compostos fenólicos	Sim	Sim	Não	Não	Sim	3
Ácido lineoico e palmítico	Sim	Sim	Não	Não	Sim	3
Isoflavonas	Sim	Sim	Não	Não	Sim	3
Polissacarídeos	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	4
Compostagem	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	5
Fertilizantes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	5
PHA	Sim	Sim	Não	Não	Sim	3
Compósito PLA/Borra	Sim	Não	Não	Não	Não	1
Ração	Sim	Sim	Não	Sim	Não	3
Produção de energia	Não	Sim	Sim	Não	Sim	3
Adsorventes	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	4

Um ponto importante a se considerar na análise da tabela 9 é que ela não tem o objetivo de avaliar se um “sim” é mais difícil de ser alcançado do que outro ou se um “não” é uma barreira maior do que a outra. O objetivo da tabela é analisar de forma geral e qualitativa quais alternativas possuem menos barreiras para implementação. Após esta análise inicial, é necessário um estudo mais aprofundado de cada solução e de sua aplicabilidade no contexto que está inserida.

A partir da tabela 9, observa-se que as soluções de aproveitamento da borra do café de baixo valor agregado foram as mais favoráveis na maioria das perguntas feitas. Os produtos com maior valor agregado requerem maiores investimentos em CAPEX devido as diversas operações unitárias necessárias no processo de extração e ou fabricação e/ou maiores

quantidades de matéria-prima, o que gera uma dificuldade na logística de captação da borra.

As soluções ligadas à indústria de alimentos, produção de fertilizantes, compostagem e adsorventes se mostram bastante favoráveis, já que possuem baixo custo de aplicação e não exigem escala elevada. Vale ressaltar que a utilização da borra do café como matéria-prima para fibras alimentares e biscoitos é favorável em muitos aspectos, porém caracterizam um produto novo a ser inserido no mercado, o que cria uma barreira a ser enfrentada. Os adsorventes se mostram bastante favoráveis a aplicação comercial, tendo como vantagem a pequena escala requerida (podendo ser elevada se houver capacidade) e o baixo custo de implementação.

A utilização da borra do café como matéria-prima para produtos da indústria cosmética e farmacêutica também se mostra interessante, mas algumas delas, como compostos fenólicos, isoflavonas e os ácidos palmítico e linoleico, esbarram no fato de terem muitas operações unitárias no processo de fabricação, portanto o custo de processamento se torna uma barreira.

Os biocombustíveis se mostraram não muito interessantes, segundo os critérios levantados pelas 5 perguntas acima, sendo o principal gargalo a escala requerida para a implementação dos processos, gerando altos custos de instalação. Vale comentar que este resultado se contrapõe a grande atenção dada a obtenção de biocombustíveis a partir da borra nos artigos publicados.

IV.4 Casos implementados e desafios encontrados

Conforme discutido nas seções anteriores, existem várias oportunidades para o aproveitamento da borra de café no que tange ao desenvolvimento de produtos e mercados. O objetivo dessa seção é apresentar casos de empresas que já exploram a borra do café e entender a partir desses casos como modelos de negócios podem ser desenvolvidos e implementados para o aproveitamento desse resíduo. Entretanto, a busca por empresas atuantes aponta que existem poucas iniciativas em escala comercial, sendo a maioria startups de pequeno porte.

Como abordado no capítulo II, foram encontradas 14 empresas de diferentes países e que comercializam diversos produtos, desde cosméticos até roupas e calçados, que tem como matéria-prima a borra do café. A tabela 10 traz um resumo das principais características de todas as empresas encontradas na busca

Tabela 10 - Resumo das empresas que utilizam borra de café

Empresa/Marca	Produtos	Aplicações	País	Ano de fundação	Escala	Capacidade média
Biobean	Pellets/Logs de biomassa	Geração de energia	Inglaterra	2013	Industrial	580 ton/mês
Scafé	Tecidos	Casacos e roupas esportivas	Taiwan	2009	Industrial	15 ton/mês
Kaffeform	Xícaras e canecas	-	Alemanha	2015	Média	1,5 ton/mês
Coffee based	Utensílios e móveis	Objetos diversos (Cadernos, Copos)	Holanda	2013	Média	Não há informação
Kaffebueno	Óleo e Farinha	Cosméticos e Alimentício	Dinamarca	2016	Média	5 ton/mês
Revive eco	Óleos (substituto ao óleo de palma)	Cosméticos, Alimentício e Fármacos	Escócia	2015	Pequena	10 kg/h ou 1,6 ton/mês
UpCircle	Serum facial/esfoliantes	-	Inglaterra	2015	Industrial	11 ton/mês
#Rens	Tênis	-	Finlândia	2019	Industrial	2 ton/mês
O' Right	Cosméticos e Embalagens	-	Taiwan	2002	Industrial	Não há informação
Grocycle	Produção de Cogumelos	Alimentício	Inglaterra	2009	Média	0,5 ton/mês
UpCycle	Produção de Cogumelos	Alimentício	França	2011	Industrial	10-20 ton/mês
Rotterzwan	Produção de Cogumelos	Alimentício	Holanda	2013	Industrial	6-7 ton/mês
Recoffee Design	Biojóias e Decoração	-	Brasil	2017	Pequena	60 kg/mês
Nestlé Araras	Biomassa	Geração de energia	Brasil	N/A	Industrial	Não há informação

Dentre estas, há dois casos brasileiros que merecem destaque. O primeiro é uma empresa de biojóias, a Recoffee Design, que será discutido mais à frente. O segundo caso é uma fábrica da multinacional de alimentos Nestlé, situada em Araras, estado do Rio de Janeiro, responsável pela produção de diversos alimentos, inclusive café solúvel e que utiliza a borra como combustível em sua produção.

A borra de café proveniente da produção, ao invés de descartada, era misturada a

cavaco de madeira e o mix era utilizado como biomassa para a geração de vapor e energia para as caldeiras da fábrica. Em 2016, a fábrica alcançava suprimento de cerca de 25% do consumo de energia a partir da borra do café, destinando para isso cerca de 97% da borra gerada em seus processos produtivos. Os 3% restantes eram utilizados para compostagem e adubo orgânico nas lavouras de laranja da região. Neste caso, percebe-se um exemplo de prática da economia circular a partir de um ciclo fechado e relativamente curto, em que o resíduo do processo produtivo é aproveitado como insumo para o próprio processo, neste caso para a produção de energia. Segundo a empresa, esta medida gerava economias no processo produtivo e evitava a emissão de 20,6 mil toneladas de CO₂ para a atmosfera, por ano (G1, 2014). Entretanto, em 2017 a fábrica suspendeu o processo de aproveitamento da borra devido à alegação de danos ambientais. Alegou-se que o resíduo de café, na forma de pó, ao ser emanado na atmosfera causava sujeira nas edificações, causando incômodo e ocasionando perdas e danos aos proprietários e ao meio ambiente, assim como o comprometimento da qualidade do ar com emissão de odores no processo produtivo (G1, 2017). Informações sobre as ações tomadas pela Nestlé frente à esta situação não foram encontradas.

Além dos do caso citado acima, foram selecionadas 5 empresas dentre as 10 encontradas para terem seus modelos de negócio analisados. Como explicado na metodologia, as empresas escolhidas foram selecionadas com base na disponibilidade de informações disponíveis para este estudo. Os modelos de negócio serão explorados a partir da identificação de seus componentes principais descritos no capítulo de metodologia (tabela 5).

- **Biobean (Inglaterra)**

A Bio-bean, empresa inglesa fundada em 2013, é a maior recicladora de borra de café da Inglaterra, tendo sido a primeira do mundo a atuar neste mercado em escala industrial.

Seu mercado de atuação principal é o de biocombustíveis sólidos, no qual a empresa oferece dois tipos de produtos diferentes. O primeiro se chama *Coffee Logs* e é voltado para aquecimento doméstico, podendo ser usado em fogueiras e fornos no lugar da madeira ou do carvão. Trata-se de pequenos briquetes de biomassa, produzidos a partir da borra de café e que, de acordo com a empresa, aquecem cerca de 20% a mais que madeira seca e reduzem em 80% a emissão de gases estufa em relação a outras fontes de energia. O produto é

embalado em sacos com 16 briquetes, sendo cada briquete produzido a partir da borra gerada na preparação de 25 copos de café e é vendido por aproximadamente 8 libras em grandes redes de varejo, como a Amazon (Biobean, 2019). A Bio-bean produz cerca de 10.000 toneladas de *Coffee Logs* por ano (Shell, 2018). O segundo produto é o *Coffee Pellets*, que tem o mesmo princípio do *Coffee Logs*, mas é voltado para a queima em caldeiras industriais, colocando-se como uma alternativa sustentável para indústrias que queiram ou precisem de fontes alternativas de carbono para reduzir suas emissões. Os pellets produzidos a partir da borra possuem alto poder calorífico, cerca de 15% mais alto do que o de pellets tradicionais de madeira, baixa umidade (< 10%) e boa durabilidade (BIOBEAN, 2019).

No último ano (2019), a empresa começou a produzir também flavorizantes a partir do processo de extração do óleo da borra de café. Este projeto já se encontra em escala industrial e o produto é vendido para as indústrias de alimentos e de bebidas em substituição aos flavorizantes sintéticos. A empresa garante que a borra utilizada para esta aplicação é transportada de forma segura para ser utilizada na produção de um insumo para a indústria alimentícia (BIOBEAN, 2019).

A empresa afirma que também investe em pesquisa e desenvolvimento de novas oportunidades e que participa de projetos que buscam outras soluções para o aproveitamento da borra a partir do desenvolvimento de novos produtos, como bioplásticos, corantes e antioxidantes. Estes projetos ainda estão em fase de pesquisa e pretende-se que sejam desenvolvidos produtos que possam ser produzidos em escala comercial futuramente. Nesta linha, a Biobean está envolvida no WaysTUP! Project, projeto que envolve diversas parcerias internacionais criado com foco na conversão de resíduos urbanos de diversas origens em bioprodutos.

A Bio-bean tem parcerias com seis empresas de logística de recolhimento de resíduos (First Mile, Lavelle, Paper Round, Biffa, Bywaters e Cawleys), que fazem a intermediação com os estabelecimentos que geram borra de café e que queiram descartar este resíduo de forma a minimizar o descarte final em aterros. A Bio-bean e as recolhedoras, empresas parceiras para a logística de coleta do resíduo, atendem clientes de todas as escalas: cafeterias, escritórios, restaurantes, universidades, aeroportos e estações de trem e até mesmo fábricas de café solúvel. As recolhedoras são responsáveis por fornecer aos estabelecimentos um recipiente para a separação da borra descartada, que, para ser

reciclada, não pode ser misturada a outros resíduos, e também pela logística de recolhimento e posterior entrega da borra para a Bio-bean para ser utilizada como matéria-prima em seus processos. Por ano, são coletadas e processadas aproximadamente 7 mil toneladas de borra (BIOBEAN, 2019), sendo que cada tonelada de borra de café reciclada com o uso da tecnologia da bio-bean gera uma economia de 6,8 toneladas de emissões de CO₂ (SHELL, 2018).

A empresa possui parceria com grandes redes para o recolhimento da sua matéria-prima. Em outubro de 2019, por exemplo, a Bio-bean fechou uma parceria com o aeroporto de Londres Stansted, que passou a converter todo o seu resíduo de café em biocombustível. São consumidos, no aeroporto, mais de 6 milhões de copos de café por ano, gerando mais de 150 toneladas de borra (London Stansted, 2019). Outro grande parceiro da empresa é a rede de cafeterias Costa Coffee. A parceria com a rede já existe há mais de 3 anos e atende mais de 800 lojas em todo o território inglês, recolhendo em média 3.000 toneladas de borra por ano. Assim, mais de 10.000 toneladas de borra gerada pela Costa Coffee já foram reaproveitadas até hoje, o que representa cerca de 37% de todo o resíduo gerado pela rede (BIOBEAN, 2019).

Uma terceira parceria de sucesso da empresa foi em um projeto realizado em 2017 com suporte da Shell para a produção de biodiesel a partir da borra para abastecimento de parte da frota de ônibus de Londres. Combinado com outras fontes de gorduras e óleos para criar um biocomponente de 20%, o material foi misturado com diesel mineral para criar um biocombustível B20, derivado do café. Sem modificação, o biocombustível da Bio-bean foi utilizado diretamente em ônibus selecionados em Londres, oferecendo uma solução inteligente para o problema do desperdício. De acordo com a Shell (2018), a Bio-bean forneceu neste projeto 6 mil litros de óleo de café, quantidade que seria suficiente para ajudar a abastecer um ônibus durante um ano. Ainda, a Shell destaca que Londres produz resíduos de café suficiente para criar um composto puro de biocombustível B20, feito de óleo de café e diesel mineral, em larga escala para ajudar a abastecer um terço da frota de ônibus da cidade. Vale ressaltar que nesse caso o esforço de coleta da borra pode tornar o processo inviável economicamente.

- **S.Café (Taiwan)**

A S.Café é uma marca de uma empresa taiwanesa (SINGTEX), criada em 2009,

que atua no desenvolvimento de tecidos altamente tecnológicos a partir da borra do café, aproveitando diversas de suas propriedades. Atualmente, a marca produz sete tipos diferentes de tecidos, todos com propriedades anti-odor, proteção UV, dry-fit e de resfriamento do corpo (S. Café, 2019).

A tecnologia utilizada pela S. Café® para a produção de seus tecidos é desenvolvida em um processo à baixa temperatura, alta pressão e com baixo consumo de energia. Primeiramente, a borra de café passa por uma extração com fluido supercrítico para a separação do óleo e da borra seca, que serão utilizados integralmente em diferentes produtos (figura 20). Para a produção de tecidos, utiliza-se a borra seca, que passa por um processo de carbonização, a fim de maximizar suas funcionalidades. Após a carbonização, o óleo é extraído via extrator soxhlet¹³ com éter etílico seguido de um tratamento do mesmo com álcool para a remoção do glicerol (LANG et al., 2008). Após o processamento, ela é combinada com outros materiais, dependendo do tipo de tecido a ser fabricado, formando o que a empresa chama de “Master batches”. Alguns exemplos desses materiais são polpa de madeira e poliéster provindos de garrafas plásticas. Em condições de baixas temperaturas e altas pressões, esta combinação é, então, adicionada no processo de produção dos fios, alterando as características dos mesmos e adicionando-os propriedades advindas da borra de café. Assim, a borra adiciona aos tecidos produzidos com este material propriedades tais como uma secagem mais rápida que o algodão, absorção de odor e proteção contra raios UVs devido aos microporos presentes na borra processada (SCafé, 2020). De acordo com a empresa, uma blusa pode ser feita, por exemplo, com a borra produzida para servir três copos de café combinada com cinco garrafas plásticas (Vice, 2016).

Com o óleo extraído da borra do café, a S.Café produz uma bioespuma de acolchoamento/isolamento, como alternativa às espumas que utilizam ingredientes a base de petróleo, reduzindo em 25% a necessidade destes na produção da mesma. Essa espuma pode ser usada na fabricação de edredons, roupas, casacos, etc. Um ponto a ser destacado é o fato desta aplicação não ter sido identificada na prospecção de artigos.

Parte do óleo é utilizado, também, para a produção de cosméticos como óleos de massagem, sabão, shampoos, velas aromatizadas, entre outros. Criou-se então uma segunda marca para a comercialização destes produtos, que não fazem parte do *Core Business* da

¹³ O aparelho extrator soxhlet é um instrumento de laboratório inventado por Franz Soxhlet para a extração de lipídeos no estado sólido.

empresa, mas constitui uma estratégia para garantir o aproveitamento total da matéria-prima e gerar uma plataforma de inovação em produtos sustentáveis.



Figura 20 - Aplicações da borra de café pela S. cafe (Adaptado de S.Café, 2017)

A S. Café tem diversas parcerias comerciais com grandes marcas internacionais de vestimenta como North Face, New Balance, American Eagle e Timberland. Faz também parcerias para obtenção da borra de café com cafeterias e lojas locais, incluindo grandes redes como Starbucks e 7Eleven, criando, dessa forma, uma maneira de suprir as necessidades de matéria-prima do negócio (S.Café, 2016).

- **Kaffeeform (Alemanha)**

A Kaffeeform é uma empresa alemã, criada em 2015, em Berlim, que produz diferentes modelos de xícaras e canecas de café a partir de um material produzido a partir da borra de café. Ao todo são quatro modelos de diferentes designs e tamanhos.

Os produtos são feitos a partir da borra de café seca e de outros materiais renováveis à base de plantas (não especificados no material divulgado pela empresa), e são endurecidos com biopolímeros, formando um material leve, robusto e durável.

A Kaffeeform se apresenta como uma empresa social e ambientalmente engajada, e que tem seu trabalho voltado, também, para a comunidade. A empresa tem parcerias com negócios locais para as diversas etapas da sua cadeia produtiva, desde a logística de coleta, até a produção e comercialização de seus produtos.

A borra de café usada como matéria-prima é recolhida por uma frota de bicicletas em cafeterias e torrefadoras parceiras de Berlim. A produção se dá parte de forma artesanal, parte de forma industrial. A borra recolhida é primeiramente levada para pequenas oficinas sociais, onde passa pelo processo de secagem e é estocada. Então, o material é produzido e os produtos são enformados em pequenas plantas de empresas locais parceiras. Por fim, a produção é finalizada de volta nas oficinas, onde as xícaras recebem o polimento final, são embaladas e distribuídas aos clientes em toda a Europa. A empresa faz parcerias também com lojas e cafés que desejem revender seus produtos. Assim, a venda se dá tanto diretamente para pessoas físicas, quanto para estabelecimentos que utilizam as xícaras e canecas para servir suas bebidas ou ainda, as revenderem (Kaffeform, 2019).

- **Kaffe Bueno (Dinamarca)**

A Kaffe Bueno é uma biorrefinaria dinamarquesa de médio porte que transforma a borra de café em ativos e ingredientes funcionais para serem utilizados na indústria de cosméticos, nutracêuticos¹⁴ e alimentos funcionais. Seus dois principais produtos são o Kaffe Bueno Oil (óleo extraído da borra de café) e a Kaffe Bueno Flour (farinha feita a partir da borra).

O óleo é extraído da borra em um processo de extração com uma mistura de solventes naturais, incluindo CO₂, sob pressão e em baixas temperaturas. O óleo do café é rico em cafeína, vitamina E, ácido linoleico, polifenóis e ésteres diterpenos (figura 21) que são substâncias eficazes para tratamentos de pele, cabelo, entre outros (Kaffe Bueno, 2019).

C16:0 [Palmitic]	34%	SAP Value	194 mg di KOH/g
C18:0 [Stearic]	7.3%	Unsaponifiable Matter	11,79 g/kg
C18:1 [Oleic]	9%	Peroxide Value	4,3 meq O2/kg oil
C18:2 [Linoleic]	44%	Iodine Value	88,8 gI2/100g
C18:3 [Linolenic]	1.6%	Appearance	Cloudy
C20+	>2.6%	Colour	Brown
TOTAL TOCOPHEROLS	1057mg/kg	Odour	Typical of coffee
INCI	Coffea Arabica Seed Oil	Acidity	2,06% Oleic Acid
CAS	84650-00-0	Viscosity (25 °C)	83,44 cSt
EINECS	283-481-1	Polyphenol Total	8565 mg/kg

Figura 21 - Composição e propriedades do Kaffe Bueno Oil (Kaffe Bueno, 2019)

¹⁴ Suplementos alimentares que contêm a forma concentrada de um composto bioativo de alimento, apresentado separadamente da matriz alimentar e utilizado com a finalidade de melhorar a saúde, em doses que excedem aquelas que poderiam ser obtidas de alimentos. (Zeisel, 1999)

Devido à sua rica composição, o óleo obtido pode ser utilizado na produção de itens de cuidados pessoais, como cremes anti-idade, sérums faciais, tratamentos de celulite, protetor solar (proteção UV), produtos de cabelo, cremes para o rosto e também na indústria alimentícia, como adoçante, flavorizante e corante natural. A empresa, entretanto, não é responsável pela produção desses produtos, mas sim por vender o óleo para empresas de cosméticos como insumo para a produção em tais aplicações.

Já a Kaffe Bueno Flour, a farinha de café, é produzida a partir do resíduo sólido resultante da extração do óleo explicada nos parágrafos anteriores. O resíduo é esterilizado com CO₂ supercrítico e transformado em uma farinha de café descafeínada, sem glúten, rica em proteína e em fibras e pobre em gordura e calorias. Apesar de ser produzida a partir da borra de café, a maior parte do sabor de café é eliminado durante o processo de extração do óleo, assim, a farinha é indicada para ser usada como ingrediente no preparo de pães, pizzas, massas, biscoitos, barrinhas proteicas, granola, entre outros.

Além da farinha, o resíduo sólido proveniente da extração também é aproveitado para a produção do Kaffibre, um esfoliante natural que pode ser usado como matéria-prima na fabricação de máscaras, protetores labiais, sabonetes e hidratantes com ação esfoliante.

Para ter acesso à borra, a Kaffe Bueno procura parcerias com escritórios, hotéis e indústrias na Dinamarca. A empresa oferece o serviço de recolhimento gratuito para negócios que tenham interesse e sigam os seguintes critérios: consumir pelo menos 300 kg de café por mês e toda a borra ser proveniente de café do tipo Arábica. A Kaffe Bueno ainda oferece aos parceiros alguns benefícios, como treinamentos sobre sustentabilidade e gestão. Além disso, estabelece parcerias também com algumas universidades e empresas para pesquisa e desenvolvimento.

A Kaffe Bueno processa aproximadamente 5 toneladas de borra de café por mês e pretende ampliar exponencialmente sua produção nos próximos anos (Cosmetic Design Europe, 2019). A figura 22 traz um resumo do fluxo do funcionamento da empresa, desde o recolhimento da matéria-prima até o destino dos produtos finais.



Figura 22 - Ciclo da borra de café na Kaffe Bueno (Kaffe Bueno, 2020)

- **Recoffee Design**

A Recoffee Design é uma pequena empresa de design brasileira que produz joias e objetos de decoração utilizando a borra de café como sua matéria-prima principal. O material utilizado para a fabricação das peças é obtido através de um processo artesanal e com baixo consumo de energia no qual a borra de café é misturada a aglutinantes naturais/resinas vegetais obtendo-se um material rígido e biodegradável (Recoffee, 2020). Primeiro, a borra de café passa por um processo de secagem sob o sol ou estufa, que dura um ou dois dias. Depois são adicionadas resinas vegetais. A Recoffee utiliza um material de origem vegetal com um "aglutinante com características de impermeabilização", que faz com que as peças ganhem resistência. Em seguida, o composto é despejado nos moldes até secar. Uma peça grande pode demorar até 12 horas para ficar pronta. A figura 23 mostra a cadeia de produção da empresa.

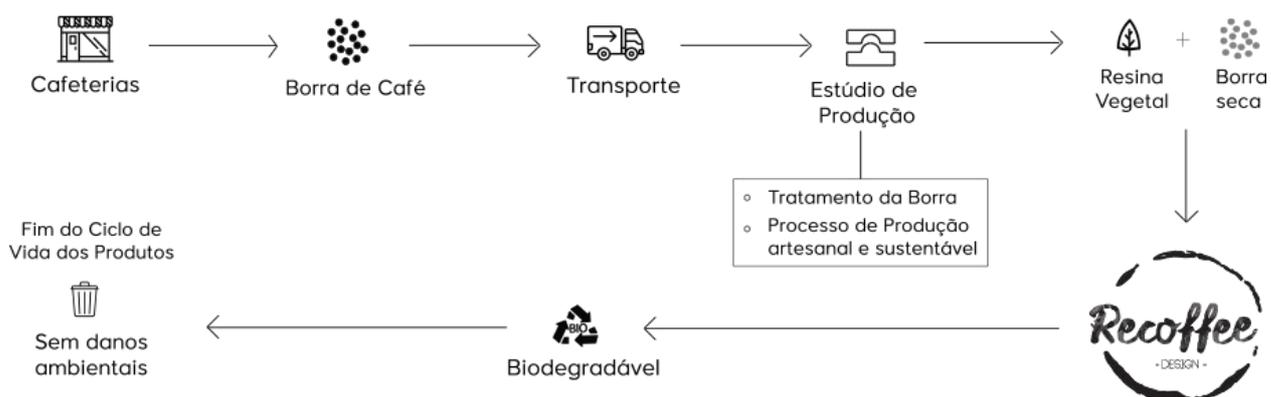


Figura 23 - Esquema de produção da Recoffee Design (Recoffe Design, 2019)

Um contato por e-mail foi realizado com a empresa para obter mais informações sobre seu funcionamento. A Recoffee é da cidade de Ribeirão Preto, estado de São Paulo e mantém parcerias com cafeterias locais para o recolhimento da borra. De acordo com a empresa, eles possuem uma pessoa contratada para realizar a coleta nas cafeterias da cidade. A coleta é feita uma vez por semana e são recolhidos aproximadamente 15 kg de borra por semana. A coleta é realizada semanalmente devido às condições de conservação da borra, pois se esta for armazenada por um tempo mais longo, pode formar bolor, não podendo ser aproveitada no processo produtivo.

Além das parcerias com cafeterias, a Recoffee tem também uma parceria com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) para desenvolvimento da tecnologia e está testando resíduos de outras indústrias como a de tecidos jeans para a criação de objetos de design (Globo Rural, 2019).

O número de peças produzidas é flutuante, assim como o faturamento, que já chegou a R\$ 50 mil mensais (Uol, 2020). Dentre os produtos produzidos com o material obtido tem-se relógios, vasos, luminárias e biojoias.

IV.4.1. Análise comparativa dos modelos de negócio

A partir dos resultados da pesquisa discutidos nessa seção, pode-se chegar a um quadro comparativo (Tabela 11), resumindo os modelos de negócio das cinco empresas estudadas.

Tabela 11 - Quadro comparativo de modelos de negócio

Empresa		<i>Biobean</i>	<i>S.Café</i>	<i>Kaffeform</i>	<i>Kaffe Bueno</i>	<i>Recoffee Design</i>	
Proposição de valor	Produto Principal	Biocombustíveis sólidos	Tecidos	Xícaras e Canecas	Óleo e farinha de borra de café	Biojóias e objetos de decoração	
	Produtos Secundários	Flavorizantes, bioplásticos (em desenvolvimento)	Cosméticos	-	Esfoliante	-	
	Principal mercado atendido	Indústria e revendedoras	Indústria têxtil	Consumidor final e cafeterias	Indústria cosmética e alimentícia	Consumidor final (pessoa física)	
Cadeia de Valor	Parcerias	Coleta	Parceiros logísticos	Não há informação	Coletivo de entregas com bicicleta	Parceiros logísticos	Uma pessoa contratada
		Fornecedores	Aeroportos, cafeterias, universidades, indústrias (ex: Costa Coffee)	Redes de cafeterias (ex: Starbucks)	Cafeterias e torrefadoras locais	Hotéis, escritórios e indústrias	Cafeterias locais
		Comerciais	Revendedores (ex: Amazon)	Grandes clientes (ex: Body Armor, Timberland, New Balance...)	Lojas revendedoras e cafeterias na Europa	Indústrias cosméticas	-
		Outras	Empresas de energia (Ex: Shell): produção de biocombustível	Associações de sustentabilidade	Microempresas que auxiliam no processo produtivo	Universidades e empresas (ex: Loreal) para P&D	IPT para P&D
	Acesso à matéria-prima (borra)	Logística	Parcerias com seis empresas de logística de recolhimento de resíduos (First Mile, Lavelle, Paper Round, Biffa, Bywaters e Cawleys)	Não há informação	Frota de bicicletas	Parcerias com empresas de logística	Pessoa contratada para fazer a coleta
		Fornecedores	Cafeterias, aeroportos, escritórios, universidades, fábricas de café solúvel	Grandes redes de cafeterias	Cafeterias e torrefadoras locais	Hotéis, escritórios e indústrias	Cafeterias
	Tecnologias		Secagem, extração, compressão da borra seca	Extração com fluido supercrítico. Aproveitamento do óleo e do resíduo sólido	Secagem, incorporação com biopolímeros.	Extração com fluido supercrítico. Aproveitamento do óleo e do resíduo sólido. Fracionamento.	Processo artesanal. Secagem, incorporação com aglutinantes, moldagem.
Captura de Valor	Obtenção de receita	Venda de produto	Venda de produto	Venda de produto	Venda de produto	Venda de produto	

A partir deste quadro, percebe-se que os modelos de cadeia de valor das empresas estudadas possuem algumas características comuns entre si, mesmo com diferentes propostas de valor e atuando em diferentes segmentos de mercado. Primeiramente, pode-se destacar que todas as empresas estudadas são startups, que tem uma trajetória relativamente recente e que estão testando seus modelos de negócio, tendo espaço e oportunidades para crescimento. Além disso, todas atuam na chamada economia circular, sendo que algumas permitem ainda fechar o ciclo reaproveitando a borra dentro do próprio negócio que a gerou.

Percebe-se também que todas as empresas analisadas acessam a matéria-prima através de parcerias com estabelecimentos, sejam eles comerciais ou industriais, que geram borra de café em seus processos. A borra de café deve ser descartada isolada dos outros tipos de resíduo nos estabelecimentos parceiros, pois somente assim pode ser aproveitada como matéria-prima. Independentemente do tamanho do negócio, a coleta da borra nesses estabelecimentos é realizada ou pela própria empresa, que irá utilizá-la como matéria-prima, ou por empresas de logística de coleta de resíduos, parceiras das empresas estudadas, dependendo da quantidade de borra a ser processada. Por exemplo, a Biobean, que processa uma grande quantidade de borra de café, possui diversas parcerias para auxiliar no acesso à borra, enquanto a Recoffee, que processa quantidades bem menores, tem uma única pessoa contratada para realizar a coleta. Em todos os casos estudados, a borra é disponibilizada pelos parceiros de forma gratuita.

Outro ponto em comum entre algumas empresas é o processo inicial realizado para a preparação da matéria-prima. Três das cinco empresas estudadas realizam a extração do óleo para posterior aproveitamento, conseguindo aproveitar o óleo do café e suas propriedades e também o resíduo sólido da borra após a extração. Outro processo em comum realizado pelas empresas é a secagem da borra. Após esse processamento inicial comum, o óleo do café, os resíduos sólidos da extração e/ou a borra seca são inseridos na cadeia de produção dos produtos fornecidos por cada empresa.

As etapas de produção seguintes exigem a disponibilidade de diferentes tipos de tecnologias de acordo com o produto proposto e com a escala do processo. Há empresas em que, por terem uma maior escala (ex: Bio-bean, S.Café), necessitam de maquinário industrial para realizar o processamento, enquanto outros processos são realizados de forma artesanal, laboratorial ou manualmente por algumas das empresas estudadas (ex: Recoffee Design, Kaffeform). Algumas, ainda, investem em pesquisa e desenvolvimento e em

biotecnologia para desenvolver fórmulas mais avançadas para seus produtos, enquanto outras produzem materiais mais simples.

Sendo assim, entende-se que o tipo de produto e a escala do processo são pontos fundamentais para identificar os desafios encontrados para a implementação de cada modelo de negócio. A partir da análise das empresas estudadas, consegue-se identificar quatro grandes blocos de tipo de modelo existentes dentre as empresas que valorizam a borra do café (tabela 12):

Tabela 12 - Tipos de negócios de valorização da borra do café

Tipo de negócio/Produto	Necessidade de escala
Produção industrial de biocombustíveis	Larga
Mini usinas de biocombustíveis	Média
Produção de insumos para indústria cosmética, alimentícia, têxtil, etc	Média/pequena
Produção de objetos/utensílios	Média/pequena

Esta discussão será desenvolvida mais à frente neste trabalho, aonde serão abordados os desafios e as oportunidades da implementação de cada tipo de negócio no contexto do Rio de Janeiro.

V. POTENCIALIDADE DA VALORIZAÇÃO DA BORRA DE CAFÉ NO RIO DE JANEIRO

Este capítulo tem o propósito de discutir de que forma alguns estabelecimentos que comercializam café para consumo fora do lar (padarias e cafeterias) no município do Rio de Janeiro lidam com o descarte da borra. O objetivo desta análise é entender o tamanho da oportunidade para um negócio de aproveitamento de borra de café no município do Rio de Janeiro, assim como as principais barreiras relacionadas à coleta da borra que poderiam dificultar sua implementação na cidade.

V.1. Distribuição geográfica de padarias e cafeterias

Conforme explicado na metodologia, foi realizado um mapeamento geográfico das cafeterias e padarias localizadas na cidade do Rio de Janeiro. É importante ressaltar que apesar desta análise incluir apenas padarias e cafeterias, o café é um produto comercializado em vários outros tipos de estabelecimentos como botecos, bares e restaurantes, que não foram estudados por dificuldade de acesso a dados. Sendo assim, esta seção tem o objetivo maior de entender de que forma cafeterias e padarias estão geolocalizadas de forma a possibilitar uma coleta otimizada de borra de café, mas não é capaz de quantificar todos os estabelecimentos que comercializam café.

O mapa de calor, obtido pelo software Economapas (Oportunidades De Valorização Dos Resíduos De Panificação Em Grandes Cidades Brasileiras: Um Estudo de Caso do Rio de Janeiro, Eduardo Martins Neto, 2020), é representado na figura 24 mostrando a distribuição geográfica de padarias na cidade. O mapa é dividido em bairros e aponta um intervalo do número de padarias em uma determinada região.

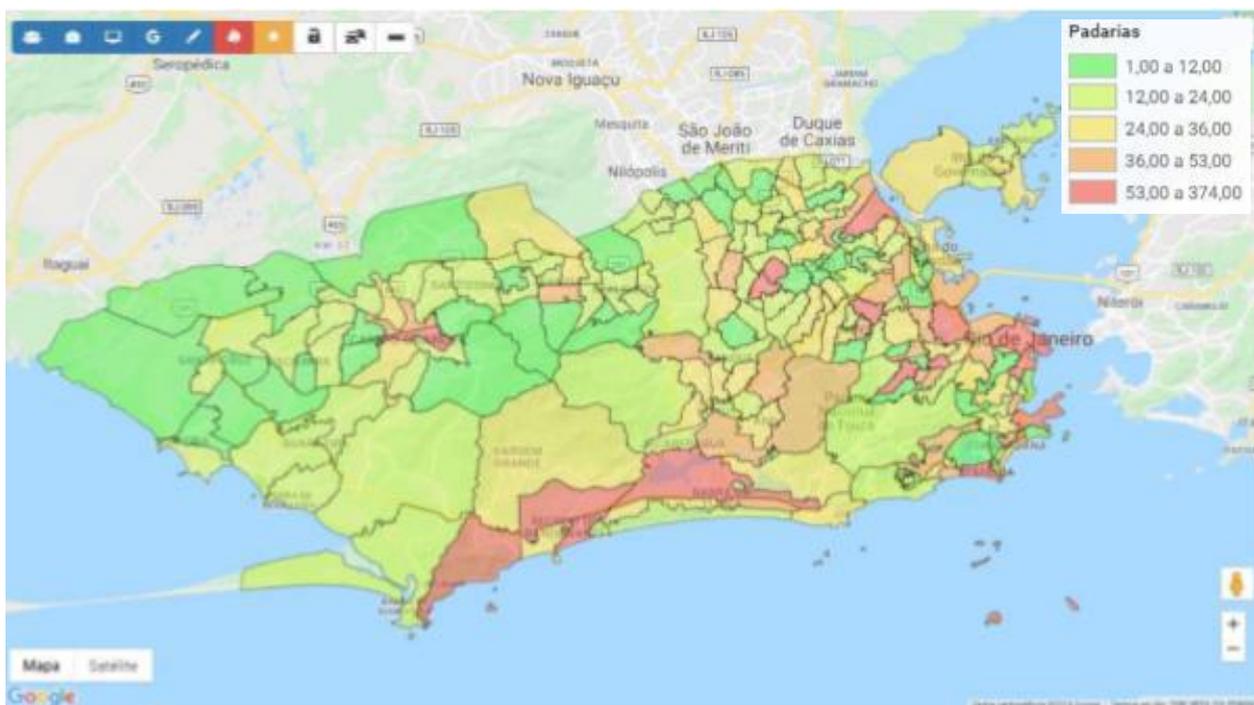


Figura 24 -Distribuição geográfica das padarias na cidade do Rio de Janeiro (Economapas, 2019)

A análise do mapa demonstra um grande número de padarias na região da Barra e Recreio, no Centro e na Zona Sul da cidade (Ipanema, Botafogo, Flamengo e Laranjeiras). As Zonas Oeste e Norte da cidade apresentaram um número menor de estabelecimentos e menos concentrados. Ao todo, foram registradas cerca de 5.000 padarias na cidade, o que significa uma média de 4,2 padarias por quilômetro quadrado. A tabela 13 mostra a concentração de padarias por área territorial em cada região do município. Nota-se que a maior concentração de padarias ocorre nas regiões do Centro e Zona Sul, seguidos por Grande Tijuca e Zona Norte. Barra e Recreio apresentaram um alto número de padarias, entretanto, estas não se encontram tão concentradas como nas outras regiões.

Tabela 13 - Distribuição de padarias no município do Rio de Janeiro (Economapas (2019) e Bairros Cariocas (2018))

Região	Nº de padarias	Área (km ²)	Padarias/km ²
Centro	559	34,4	16,3
Zona Sul	653	45,3	14,4
Grande Tijuca	422	55,2	7,6
Zona Norte (outros bairros)	1577	203,5	7,8
Zona Oeste (outros bairros)	874	572,0	1,5
Grande Jacarepaguá	404	127,8	3,2
Barra e Recreio	564	166,0	3,4
Total	5.053	1.204,2	4,2

A distribuição de cafeterias no Rio de Janeiro foi obtida a partir de uma consulta no Google Maps, por bairro. Este resultado é aproximado, visto que o Google Maps não retorna o número exato de estabelecimentos, sendo a contagem feita manualmente no mapa. A busca apontou, no geral, um perfil de distribuição similar ao observado em padarias, com uma maior concentração de cafeterias nas regiões do Centro, Zona Sul e Grande Tijuca. A Zona Oeste, principalmente na região de Campo Grande, também existe um número elevado de cafeterias. A figura 25 mostra as localizações das cafeterias resultantes da pesquisa nas regiões de maior concentração.



Figura 25 - Resultado da busca de cafeterias no Google Maps

Com o resultado obtido pelas análises geográficas discutidas, pode-se supor um cenário aonde a borra seria coletada em regiões onde há muitos estabelecimentos na mesma região (maior densidade), a curtas distâncias um do outro, o que facilita a coleta e reduz os custos logísticos do processo. Sendo assim, considerando as localizações de padarias e cafeterias, uma rota de coleta otimizada poderia ser feita nas regiões do Centro e Zona Sul, dependendo do interesse dos estabelecimentos em estabelecer uma parceria, cobrindo uma área de aproximadamente 80 km² com alta concentração de lojas a serem visitadas.

V.2. Resultado das entrevistas com as cafeterias

O resultado das entrevistas realizadas em algumas cafeterias cariocas pode ser observado na tabela 14, onde as seguintes perguntas foram respondidas:

- I. Qual a forma de descarte da borra de café?
- II. É realizado algum reaproveitamento da borra?
- III. Qual a quantidade aproximada de borra gerada (kg borra seca/dia)?
- IV. As respostas anteriores se aplicam às outras unidades da rede?
- V. Estariam dispostos a separar a borra de café dos demais resíduos e disponibilizá-la gratuitamente à uma empresa que realizasse a coleta para o reaproveitamento?
- VI. Estariam dispostos a vender a borra do café devidamente separada, entregando-a em um ponto de coleta? E para trocá-la por algum produto/serviço (ex: canecas recicladas)?
- VII. Pagariam por um serviço de coleta de borra de café, sabendo-se que seria disponibilizado um recipiente especial para a separação da borra e poderia utilizar este serviço como um discurso de sustentabilidade para a marca?

Tabela 14 - Respostas da pesquisa com cafeterias

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Starbucks	Descarte em lixo comum	Não	5kg	Não	Sim	Talvez	Talvez
California Coffee	Descartada separadamente e depois misturada ao lixo do shopping	Não	1kg	Sim	Sim	Talvez	Talvez
Mr Cheney	Descarte em lixo comum	Não	1,5kg	Sim	Sim	Talvez	Sim
Brownieria	Descarte em lixo comum	Não	1kg	Sim	Sim	Talvez	Talvez
Armazém do Café	Descarte em lixo comum	Não	2kg	Sim	Sim	Talvez	Talvez
Empório Jardim	Descarte em lixo comum	Não	2kg	Sim	Sim	Talvez	Sim
Guerin	Descarte em lixo comum	Não	1kg	N/A	Sim	Talvez	Talvez

A partir das respostas obtidas nas entrevistas realizadas, confirma-se a grande oportunidade existente no aproveitamento da borra de café. De todas as cafeterias visitadas, nenhuma utiliza a borra posteriormente, sendo todo o resíduo descartado para a disposição final, o que além de aumentar a quantidade de resíduos, contribui para a emissão de gases de

efeito estufa. A maioria das cafeterias também está de acordo com o recolhimento da borra por terceiros de forma gratuita. Como todas as cafeterias responderam que não aproveitam a borra, isso poderia significar a disponibilidade de matéria-prima sem custo para uma empresa que queira utilizá-la. É necessário, entretanto, um entendimento mais profundo de qual a melhor maneira de acessar este resíduo. Foram propostas três diferentes formas de recolhimento:

1- Recolhimento gratuito da borra, já separada, no estabelecimento, por uma empresa de reciclagem, ou pela própria empresa que irá reaproveitar o resíduo

2- A empresa recicladora compraria a borra de café, que seria entregue já separada pela empresa que a gera em pontos de coleta específicos

3- O estabelecimento que gerou a borra pagaria uma taxa para empresas de recolhimento de resíduos recolherem a borra gerada

Quando levantados nas entrevistas, as segunda e terceira opções geraram algumas dúvidas nos estabelecimentos. No caso de levar a borra em pontos de coleta específicos, o maior questionamento entre as cafeterias entrevistadas foi quanto ao local de entrega da borra, assim como a qual preço ela seria vendida e/ou que tipo de benefícios e produtos elas teriam direito. Já no caso de pagar para empresas coletarem a borra e darem a ela uma destinação mais sustentável, a maioria respondeu que acha interessante e que seria uma possibilidade, dependendo do valor deste serviço. Já para a primeira proposta, na qual a borra seria recolhida gratuitamente nas cafeterias, desde que ela estivesse devidamente separada, foi unânime a resposta positiva. Isso mostra um posicionamento menos ativo dos estabelecimentos em relação ao tratamento do resíduo. Os estabelecimentos parecem concordar em fornecer o resíduo desde que não incorram em custos ou atividades de entrega em pontos de coleta. Vale ressaltar que este resultado não pode ser generalizado e não representa o que pensam todos os estabelecimentos que comercializam café na cidade do Rio de Janeiro. Trata-se de uma amostra muito pequena com o intuito de compreender de forma qualitativa como pensam algumas lojas sobre o tema.

Com as respostas pode-se ter também uma ideia da quantidade de borra de café gerada, em média, nos estabelecimentos. Sabe-se então, com base nas respostas obtidas, que cada lugar gera, aproximadamente, uma quantidade de borra úmida que corresponde a um volume de borra seca que varia entre 10 e 15 kg por semana, dependendo de seu porte e de

sua localização. Com essa informação, consegue-se calcular a quantidade de estabelecimentos e o número de visitas que seriam necessários para um determinado negócio, dependendo da demanda de matéria-prima requerida para a produção.

V.3. Oportunidades e desafios da implementação de um sistema de aproveitamento da borra de café no município do Rio de Janeiro

Tendo em vista as análises construídas ao longo deste trabalho, pretende-se chegar a um entendimento sobre algumas oportunidades de implementação de um sistema de valorização de borra de café no Rio de Janeiro. Analisando os desafios tecnológicos da valorização da borra, os desafios operacionais levantados no estudo das empresas atuantes neste mercado, e as oportunidades existentes na cidade, é possível levantar algumas conclusões gerais a respeito da viabilidade de implementação deste sistema.

Um dos principais desafios a serem superados por aqueles que desejarem empreender utilizando a borra como matéria-prima é a escala do processo, que, dependendo a aplicação visada, é um fator que compromete a competitividade da aplicação da borra comercialmente. Além disso, o tempo máximo de armazenamento da borra é também uma barreira, visto que, se armazenada por muito tempo sem uso, é possível que haja o crescimento de patógenos no substrato, o que inviabiliza a possibilidade de aplicação da mesma para a produção de cosméticos e fármacos. Nesse sentido, se o objetivo é a utilização da borra para essas aplicações, a logística de recolhimento desta matéria-prima nos estabelecimentos tem de ser muito bem estruturada para cobrir a grande capilaridade com que esse resíduo se encontra disponível.

Além disso, pode-se destacar também algumas barreiras tecnológicas para a valorização da borra. Elas são bem variadas, devido aos inúmeros componentes que podem ser extraídos da mesma, como visto no capítulo IV. Dessa forma, recomenda-se que a rota de valorização da borra seja muito bem avaliada, de modo a mitigar o máximo possível das barreiras e se tenha maior compreensão dos riscos tecnológicos envolvidos.

Quanto as barreiras operacionais, a primeira dificuldade encontrada é necessidade de separar a borra de outros resíduos. A borra deve ser descartada em um recipiente diferente do restante dos resíduos, o que pode vir a ser um problema para estabelecimentos que não façam esse tipo de separação. É preciso também encontrar estabelecimentos que estejam dispostos a estabelecer parcerias e a fornecer seus resíduos de borra de café para a obtenção

de matéria-prima. Entretanto, esta não parece ser uma grande barreira visto que de acordo com as entrevistas realizadas, as cafeterias se mostram interessadas em cooperar desde que não incorram em custos adicionais.

A logística da coleta da borra pode ser considerada um dos maiores entraves para a implementação de um negócio que deseje valorizá-la. Dependendo quantidade de borra necessária para a geração do produto escolhido, é possível que seja necessária a coleta de grandes quantidades de borra, o que dificulta o seu recolhimento, visto que os estabelecimentos que a descartam, normalmente não a geram em grandes quantidades. Sendo assim, dependendo da demanda de matéria-prima, seria necessário visitar um grande número de estabelecimentos, dificultando a coleta e podendo gerar altos custos logísticos.

A análise do custo logístico do recolhimento da borra vs. lucro e demanda do produto escolhido para ser produzido deve ser realizada para garantir que a alta necessidade de matéria-prima não seja mais custosa do que a lucratividade obtida com o produto vendido. Outro ponto a ser observado na implementação do negócio deve ser a relação entre a quantidade de borra necessária e a quantidade de produto gerado. Quanto menor esta relação, maiores as chances de reduzir os custos logísticos do negócio. No Rio de Janeiro, por existir um grande número de locais que vendem café, mesmo com altas demandas de borra, é possível pensar em soluções logísticas otimizadas, onde a coleta da borra se daria em regiões específicas com alta concentração de estabelecimentos (por exemplo, Centro e Zona Sul).

Sendo assim, percebe-se a importância de entender qual a quantidade de borra necessária para uma determinada proposta de valor, para que então, possa-se analisar mais a fundo as barreiras e as oportunidades presentes em cada caso. Nesse contexto, analisou-se as oportunidades de valorização da borra agregando-as em quatro grandes blocos de tipos de modelo, considerando o tipo de produto e a necessidade de escala, como apresentado no capítulo anterior:

1. Produção industrial de biocombustíveis ou energia (larga escala) - será usada a produção de biodiesel como referência para os cálculos
2. Produção de biocombustíveis ou energia para consumo próprio (média escala) - será usada a produção de biodiesel como referência para os cálculos
3. Produção de insumos para indústria cosmética, alimentícia, têxtil, etc. (média/pequena escala)

4. Produção de objetos/utensílios (média/pequena escala)

A partir dos dados levantados ao longo desse trabalho e dos cálculos realizados cujos resultados são mostrados nas tabelas 15 e 16, pode-se tirar algumas conclusões sobre a viabilidade de implementação de cada modelo.

Os resultados explicitados a seguir foram calculados baseados em diversas aproximações e serão utilizados para uma análise comparativa de ordem de grandeza dos mesmos, não representando valores exatos. Para chegar aos resultados obtidos, as seguintes premissas foram consideradas:

- 1kg de café consumido corresponde a 1kg de borra seca gerada (Experimento próprio);
- Porcentagem de extração: 16% de óleo em borra seca (ZABANIOTOU et al., 2019)
- Consumo de café no município do Rio de Janeiro = Consumo de café no Estado do Rio de Janeiro = 10% do consumo nacional (CCRJ, 2016);
- % consumo fora do lar do Brasil = % consumo fora do lar Rio de Janeiro (Aproximação);
- A produção de 1kg de café solúvel gera 0,48 kg de borra de café (ADAMS & DOUGAN, 1987).

As tabelas 15 e 16 mostram os resultados encontrados e os cálculos realizados:

Tabela 15 - Geração de borra de café no Rio de Janeiro por estrutura

	Qtde.	Cálculos realizados
Total de borra gerada (RJ)	346 ton/dia	<i>Consumo café BR × 10 %</i>
Borra gerada no consumo fora do lar (RJ)	125 ton/dia	<i>Total borra RJ × % consumo fora do lar (36%)</i>
Borra gerada no consumo nas residências (RJ)	222 ton/dia	<i>Total borra RJ – Borra gerada no consumo fora do lar</i>
Borra gerada na indústria de café solúvel (RJ)	0 ton/dia	Não há planta de café solúvel no município do Rio de Janeiro

Tabela 16 - Viabilidade de implementação dos modelos de negócio em relação a disponibilidade de borra de café

Tipo de produto	Capacidade mínima de produção	Quantidade requerida de borra seca	Viabilidade em relação a qtde. de borra requerida
Biocombustíveis (industrial) ¹⁵	50 m ³ /dia	287 ton/dia	Inviável
Biocombustíveis (mini usinas) ¹⁵	3 m ³ /dia	19 ton/dia	Viável
Insumos para indústria (cosmética, alimentícia, etc.)	Variável	1 – 5 ton/semana	Viável
Objetos	Variável	10 kg/ mês	Viável

Com base nos resultados acima, entende-se que a geração de borra no município do Rio de Janeiro seria suficiente para suprir um negócio de pequena ou média escala, entretanto não conseguiria ser implementado um modelo de produção de biocombustíveis em larga escala. Destaca-se também que nos dois últimos grupos, “insumos para indústria” e “objetos” os valores utilizados como quantidade de borra seca requerida são valores aproximados baseados nos casos estudados, mas que poderiam ser menores dependendo do tamanho e da proposta do negócio.

A implementação de uma planta industrial pequena de biodiesel, por exemplo, para ser competitiva, produzindo aproximadamente 45 ton biodiesel/dia (ANP, 2019), demandaria que cerca de 287 toneladas de borra fossem recolhidas todos os dias, o que corresponde a aproximadamente 83% de toda a borra de café produzida na cidade do Rio de Janeiro. Esta quantidade foi obtida considerando um rendimento de 16% na extração do óleo da borra e de 98% na etapa de transesterificação, como discutido no capítulo III. Com base nestes rendimentos, uma tonelada de borra de café seria capaz de produzir 157 kg de biodiesel. Para efeitos de comparação, utilizou-se como referência um artigo no qual foi estudado a fundo a utilização da borra de café como matéria-prima para a produção deste biocombustível. Neste estudo, Kookos (2018) encontrou uma relação na qual uma tonelada de borra de café seca produz 118kg de biodiesel (Figura 26), representando uma diferença de apenas 4% em relação ao valor encontrado e utilizado para as avaliações neste trabalho.

¹⁵ Dados calculados para o caso do biodiesel

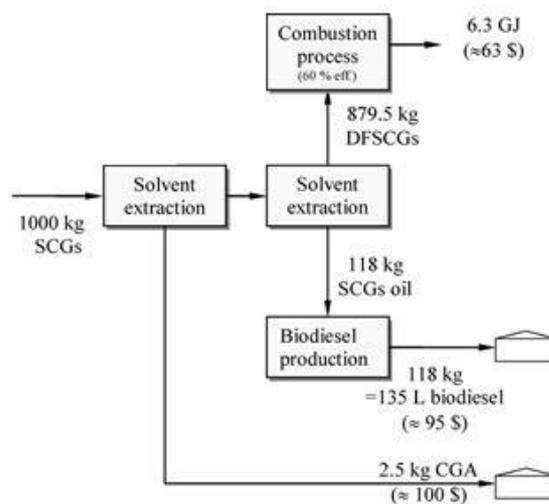


Figura 26 - Diagrama de blocos da produção de biodiesel a partir da borra do café (Adaptado de KOOKOS, 2018)

Considerando que cada estabelecimento produz, em média, de 2 a 3 kg de borra de café diariamente, isso significaria recolher, por dia, a borra de aproximadamente, no mínimo, 40 mil estabelecimentos comerciais. Seria necessário ainda fazer a coleta da borra de café gerada nas residências para uso doméstico, o que implicaria em um problema logístico ainda mais difícil de ser resolvido. Sendo assim, pode-se considerar que a implementação de uma planta industrial de biodiesel a partir do aproveitamento da borra do café seria inviável no contexto carioca.

Entretanto, se o objetivo for a implementação de uma mini usina deste mesmo biocombustível, o cenário é outro. Existe um grande potencial na produção de biodiesel para autoconsumo (Biodieselbr, 2011) que, dependendo das condições de volume de produção, localização da usina, entre outras, poderia encontrar na borra de café uma solução complicada, porém possível de ser viabilizada. Uma usina de biodiesel para consumo próprio que gere 100.000 litros/mês (cerca de 3m³/dia) demandaria aproximadamente 19 ton/dia de borra de café, quantidade que poderia ser recolhida em parceria com cafeterias e outros estabelecimentos, no caso do Rio de Janeiro, ou até mesmo diretamente em uma fábrica de café solúvel no caso de estados que as possuam. Esta quantidade é a mesma recolhida, em média, pela empresa Bio-bean, estudada no capítulo anterior. Para isso a empresa conta com um complexo sistema logístico, incluindo parcerias com 6 empresas especializadas em coleta de resíduos. Sendo assim, no caso da coleta em cafeterias e outros estabelecimentos, é uma opção que exige um forte esquema logístico, visto que, seguindo a premissa de 3kg borra/dia/cafeteria, seria necessário recolher uma quantidade de borra de café equivalente à

quantidade produzida diariamente por 6 mil estabelecimentos, aproximadamente. Sendo assim, seria preciso visitar cerca de 6 mil estabelecimentos semanalmente, recolhendo a borra gerada por eles durante toda a semana (~21kg), o que corresponde a mais de 800 visitas/dia. Dessa forma, esta é uma oportunidade que, se estudada mais a fundo, considerando os custos de implementação da usina, o quanto de retorno traria e os custos logísticos da coleta, pode ser uma opção interessante a ser aplicada por algumas empresas ou outros setores que desejem alcançar autossuficiência energética, mas que encontra, na logística de coleta do resíduo e nos investimentos iniciais de construção da planta, grandes entraves para sua implementação.

No caso da implementação de um modelo de produção de insumos para a indústria de alimentos, cosméticos, entre outras, existem barreiras tecnológicas, no que tange ao desenvolvimento de processos para a valorização dos componentes da borra de café. Esse tipo de negócio necessita desenvolver tecnologias e processos que sejam capazes de recuperar os compostos da borra de forma otimizada, preservando suas características e por vezes até potencializando as propriedades da borra que serão valorizadas em seus produtos. Um ponto que deve ser considerado com mais relevância neste caso do que nos outros tratados nesta seção, é a questão das condições sanitárias da borra de café, visto que a aplicação visada neste modelo muitas vezes exige um controle importante da segurança e higiene dos processos, o que inclui maior atenção sob as condições da matéria-prima utilizada. Além disso, seria importante estudar também a demanda e o interesse do mercado para estes produtos, visto que esta aplicação depende também de uma articulação de atores interessados nestes insumos.

A questão logística neste caso também existe, entretanto é menos relevante do que no caso de biocombustíveis, visto que este modelo tem a capacidade de ser desenvolvido em escalas menores. Dessa forma, entende-se que a barreira logística deste modelo cresce de acordo com a escala do processo e que, em caso de pequena escala, a coleta da matéria-prima em estabelecimentos que gerem borra de café no Rio de Janeiro seria suficiente para suprir a demanda. Utilizando a mesma consideração aplicada anteriormente de que cada estabelecimento na cidade produz uma média de 3 kg/dia de borra de café, um negócio que desejasse produzir 650 litros por mês (tendo como exemplo uma média produzida pelas empresas deste tipo estudadas neste trabalho) de óleo de borra de café para aplicação na indústria alimentícia como flavorizantes naturais, por exemplo, precisaria coletar aproximadamente uma tonelada de borra por semana, o que corresponde a borra gerada

diariamente por cerca de 50 estabelecimentos, o que se mostra bastante razoável.

Finalmente, um negócio que deseje utilizar a borra de café para transformá-la em um material para produção de utensílios para usos diversos, como é o caso das empresas Recoffee Design e Kaffeeform estudadas no capítulo anterior, é o que encontra maior facilidade de ser implementado, visto que sua necessidade de escala é mínima, adaptável à capacidade de coleta de borra pela empresa ou parceiros e sua exigência tecnológica não é tão alta como nos casos anteriores. Este tipo de negócio poderia ser implementado em qualquer tipo de escala, podendo começar com baixos volumes e crescer para uma produção industrial posteriormente. Sendo assim, dependendo da capacidade produtiva, a necessidade de borra de café neste caso pode ser facilmente suprida a partir da coleta realizada em cafeterias e outros estabelecimentos comerciais. A coleta semanal em 2 ou 3 cafeterias já seria suficiente para estruturar este tipo de negócio em pequena escala. Os desafios de implementar este modelo de negócio se encontram principalmente na logística da coleta e no desenvolvimento de um material de qualidade para os produtos, entretanto, essas barreiras são muito menores se comparadas aos modelos anteriormente discutidos.

Além dos quatro grupos analisados nesta seção, pode-se ressaltar ainda a possível viabilidade da utilização da borra de café em algumas das possibilidades levantadas na prospecção de artigos, mas que não foram encontradas no estudo das empresas. Por exemplo, o uso como fertilizante em hortas urbanas e periurbanas, que tem crescido bastante no contexto de cidades, como o Rio de Janeiro. Ou ainda, o uso da borra como suplemento nutricional para ração animal, visto que em ambas aplicações não há necessidade de uma quantidade muito elevada de borra para a produção.

Com base nas discussões levantadas neste capítulo e também ao longo de todo o trabalho, a tabela 17 traz um resumo do grau dos obstáculos para as possibilidades de valorização da borra do café existentes, no cenário de grandes metrópoles brasileiras, resumando a discussão apresentada nesta seção e trazendo também uma análise superficial de como seriam essas barreiras no caso das outras oportunidades discutidas na prospecção de artigos, mas que não foram tratadas no presente capítulo.

Tabela 17 - Resumo de barreiras por grupo de oportunidades para a valorização da borra de café no município do Rio de Janeiro

	Biocombustíveis (escala industrial)	Biocombustíveis (mini usinas)	Insumos ¹	Utensílios	Fertilizantes, Compostagem	Ração animal	Incineração
Parcerias para acesso à matéria-prima	Viável	Viável	Viável	Viável	Viável	Viável	Viável
Geração suficiente de borra (kg)	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Logística de coleta da borra	Inviável	Difícil	Fácil/ Médio	Fácil/ Médio	Fácil/ Médio	Fácil / Médio	Inexistente
Necessidade de cuidados com a segurança do resíduo	Baixa	Baixa	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Inexistente
Barreira tecnológica (tratamento da borra)	Alta	Alta	Muito alta	Média	Baixa	Baixa	Baixa
Necessidade de investimentos (CAPEX)	Alta	Alta	Depende da escala	Depende da escala	Baixa	Médio	Alta

1. Indústria de alimentos e farmacêutica, cosméticos e biopolímeros.

Legenda:



Mais favorável

Menos favorável

A partir da análise da tabela 17, pode-se observar um padrão no comportamento das barreiras existentes para cada oportunidade levantada. Nota-se que existe uma maior facilidade de implementação no caso das alternativas que se relacionam aos produtos e soluções de menor valor agregado, como o uso da borra de café para produção de utensílios, ração animal e fertilizantes. Por outro lado, utilizar este resíduo no desenvolvimento de produtos de maior valor agregado e que, portanto, requerem maior investimento tecnológico, resulta em desafios maiores e que demandam uma maior capacidade, seja ela logística, tecnológica ou comercial.

Com base nessa discussão, a figura 27 traz uma análise resumida das alternativas, de

acordo com suas demandas tecnológicas e de escala, que, como explorado ao longo deste trabalho, são os dois principais fatores determinantes para o entendimento da viabilidade de implementação dos modelos de negócio neste setor. Esta análise permite enxergar de forma mais clara o nível de viabilidade de implementação e de dificuldades encontradas para cada tipo de modelo de negócio de valorização de borra de café.

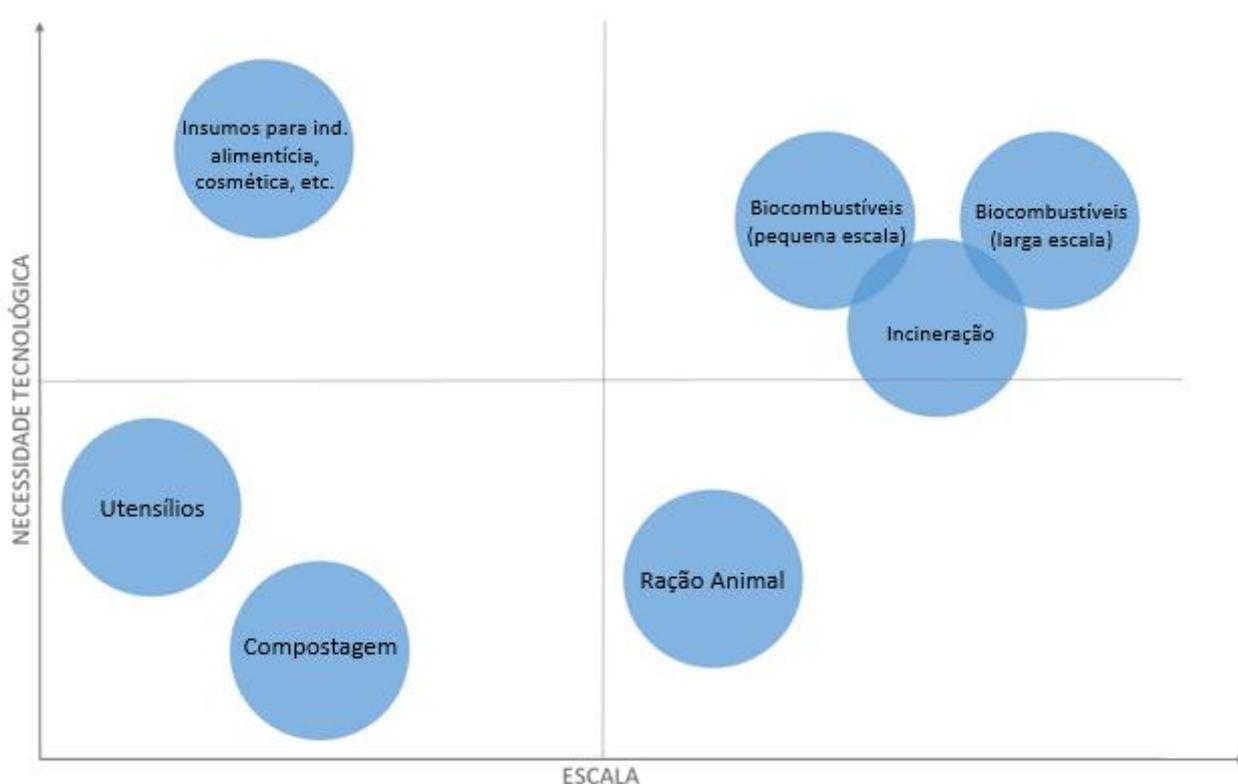


Figura 27 - Resumo de alternativas vs. barreiras (Elaboração própria)

Analisando a tabela 17 e a figura 27, entende-se que as alternativas de maior viabilidade, que apresentam menores riscos e desafios e que necessitam de menores investimentos são a produção de utensílios com materiais provenientes da borra, o uso deste resíduo para produção de fertilizantes ou para compostagem e a incineração para geração de energia. No Rio de Janeiro, entretanto, nem todas estas aplicações seriam interessantes. A incineração como forma de gerar energia é melhor aproveitada em indústrias de café solúvel, já que, neste caso, não demanda um esquema logístico para coleta da borra. Como no município do Rio de Janeiro não existem fábricas de café solúvel, esta alternativa não é viável. O uso deste resíduo na produção de fertilizantes, para compostagem ou para plantação de cogumelos fazem sentido se pensados em uma produção para hortas e plantas domésticas, podendo ser comercializados em pequena escala. Por fim, utilizar a borra como matéria-prima para a produção de um material que possa ser aplicado na fabricação de utensílios

comuns, como xícaras ou bijuterias, como exemplificados por meio das empresas estudadas, também é uma solução viável e inteligente para o contexto carioca.

É válido destacar ainda que, apesar de necessitar de maiores investimentos e processamento, a valorização da borra de café como insumo para outras indústrias de especialidades, como alimentícia, por exemplo, não deixa de ser uma oportunidade válida no contexto carioca, principalmente se realizado em pequena ou média escala. Entretanto, estas aplicações necessitam de um estudo de viabilidade mais aprofundado para a análise caso a caso, visto que possuem muitas variáveis, dependendo do tipo de produto.

VI. CONCLUSÃO

Neste trabalho, inicialmente foram mapeadas e avaliadas as oportunidades para o aproveitamento de um dos resíduos gerados em grande quantidade, a borra de café. Como resultado da pesquisa bibliográfica, notou-se que o assunto tem recebido cada vez mais atenção da comunidade científica nos últimos anos pelo crescimento nas publicações de artigos acadêmicos. Percebeu-se também a existência de uma vasta gama de oportunidades e a grande potencialidade da valorização deste resíduo. No total foram encontrados conteúdos que descrevem processos para obtenção de dezenove tipos de produtos diferentes a partir da borra, com destaque para o alto número de publicações que estudam seu uso para a produção de biocombustíveis, com destaque a produção de biodiesel.

Ao estudar as empresas que valorizam a borra de café, percebeu-se que, geralmente, a borra é aproveitada de duas formas mais recorrentes. Algumas a utilizam misturada com outros compostos de forma a criar um material para a produção de diferentes produtos como roupas, objetos, biomassa, entre outros. O outro modelo de produção se aproxima de um modelo de biorrefinaria, consistindo em utilizar tecnologias para valorizar os compostos de alto valor agregado presentes na borra e encontra aplicação para este resíduo principalmente nas indústrias cosmética e alimentícia. Um ponto a se destacar é que, apesar de um grande número de publicações estudarem o aproveitamento da borra de café na produção de biodiesel e outros biocombustíveis, não foram encontradas empresas que produzem biodiesel ou qualquer outro combustível líquido a partir deste resíduo nas buscas realizadas ao longo deste trabalho.

No Rio de Janeiro existe uma grande oportunidade para negócios que desejem utilizar a borra do café visto que, sendo uma cidade de grande porte, apresenta grande quantidade e

densidade de estabelecimentos que comercializam café e que a princípio estariam dispostos a fornecer de forma gratuita os resíduos deste produto às indústrias de aproveitamento de acordo com a pesquisa realizada. Entretanto, as soluções para o aproveitamento da borra impõem um grande desafio, principalmente no que tange ao acesso e coleta deste resíduo.

Algumas das oportunidades estudadas se mostram inviáveis de serem implementadas por demandarem uma quantidade muito grande de borra de café. Por exemplo, para a produção de biodiesel, tomando como referência uma planta com capacidade de 45 m³/dia, a geração de borra de café na cidade não seria suficiente para suprir a demanda de uma usina economicamente competitiva. Atenta-se ainda para os casos em que a geração na cidade seria suficiente, mas a necessidade de grandes volumes gera um problema logístico em relação a coleta do resíduo, impossibilitando ou, pelo menos, trazendo grandes dificuldades e altos custos para a implementação de um negócio em larga escala.

Por outro lado, modelos de negócio que conseguem ser competitivos em pequena ou média escala podem encontrar no aproveitamento da borra de café no município do Rio de Janeiro uma grande oportunidade. Neste caso, a quantidade necessária de borra é menor, reduzindo a barreira logística, facilitando a coleta e possibilitando a implementação do negócio. Além disso, o acordo com cafeterias e outros parceiros proporciona a disponibilidade de matéria-prima gratuita, reduzindo consideravelmente um dos grandes custos do processo de produção. Alguns exemplos de modelos de negócio que poderiam funcionar no contexto carioca são pequenas fábricas de confecção de utensílios a partir da borra ou a produção de insumos para a indústria alimentícia.

Dessa forma, percebe-se que existe uma maior facilidade de implementar alternativas que se relacionam aos produtos e soluções de menor valor agregado, como o uso da borra de café para produção de utensílios, ração animal, fertilizantes e compostagem, enquanto soluções de maior valor agregado, como a aplicação do resíduo na produção de biocombustíveis e na indústria de cosméticos demandam maiores investimentos e encontram maiores barreiras logísticas e/ou tecnológicas

Sendo assim, entende-se que as oportunidades levantadas neste trabalho se dividem naquelas que demandam maior ou menor desenvolvimento tecnológico e investimento elevado em CAPEX e aquelas que demandam maior ou menor quantidade de borra (desafios logísticos).

Este estudo se propôs a fazer uma análise do cenário do consumo de café e das oportunidades de valorização de seus resíduos no Rio de Janeiro, entretanto encontrou algumas limitações, principalmente no que tange ao acesso a dados numéricos confiáveis. Sendo assim, para se obter resultados mais precisos e mais detalhados, é necessário que sejam feitas análises econômicas e tecnológicas mais aprofundadas.

Para o aspecto econômico, é necessário fazer uma análise de viabilidade econômica apurada, contando com objeto de estudo bem definido. Seria interessante também conseguir quantificar de forma mais exata e regionalizada o quanto de borra de café é gerada no município, para entender mais profundamente qual o tamanho do desafio logístico a ser enfrentado. Para isso, sugere-se mapear o consumo de forma mais assertiva e detalhada e também expandir a pesquisa de mercado para entender o comportamento de um número maior de estabelecimentos que geram borra de café e poder então entender melhor os padrões existentes. Com isso, será possível entender com mais precisão a capacidade de implementação de cada alternativa levantada.

Quanto ao aspecto tecnológico, a prospecção de artigos e reviews trazem uma boa noção das tecnologias que podem ser aplicadas para a valorização do resíduo estudado, mas um estudo mais focado em uma determinada aplicação, incluindo a leitura de um maior número de publicações e testes em laboratório, poderia trazer mais clareza e mais detalhes sobre os processos tecnológicos que podem ser utilizados. Seria interessante também realizar a análise de viabilidade de implementação de uma maneira mais específica e direcionada para cada alternativa levantada, visto que neste trabalho esta análise foi feita de uma forma generalizada, agrupando as oportunidades existentes, e não as olhando individualmente.

Deve-se ressaltar que existem também diversas aplicações da borra do café para o uso doméstico. No entanto, esse trabalho não as abordou, focando apenas nas aplicações comerciais.

Por fim, é importante destacar que no início deste estudo, havia um temor de que os resíduos do consumo de café não fossem aproveitados economicamente e, assim, não fosse promovida uma bioeconomia circular neste setor. As consultas às cafeterias confirmaram este receio, visto que em todas elas, independentemente do porte, a borra de café é descartada diretamente em lixo comum. Tendo em vista que o desperdício deste resíduo é muito relevante, conclui-se que existem muitas oportunidades de melhoria na destinação da borra

de café. Sendo assim, a impressão final deixada por este estudo demonstra que esta questão é tão grave e relevante quanto o esperado inicialmente e que este setor precisa muito evoluir no aspecto socioambiental.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 3 CORAÇÕES. Do grão a xícara. Disponível em: <https://www.3coracoes.com.br/do-grao-a-xicara/>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- 3 CORAÇÕES. Grupo 3corações mostra o processo de produção do café em 14 passos. Grupo 3corações mostra o processo de produção do café em 14 passos. Disponível em: <https://www.3coracoes.com.br/materias/grupo-3coracoes-mostra-o-processo-de-producao-do-cafe-em-14-passos/>. Acesso em: 15 set. 2019.
- ABIC. Associação Brasileira da Indústria do Café: Consumo de Café no Brasil. Disponível em: <http://abic.com.br/consumo-de-cafe-no-brasil-cresceu-ate-35-em-2018-diz-euromonitor/>. Acesso em: 10 nov. 2019.
- ABIC. Associação Brasileira da Indústria do Café: Indicadores da Indústria de Café 2018. Indicadores da Indústria de Café 2018. Disponível em: <http://abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2018-2/>. Acesso em: 07 set. 2019.
- ABIC. Indicadores da Indústria de Café. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/>. Acesso em: 6 dez. 2019.
- ABICS. Relatório do Café Solúvel no Brasil. [S. l.], 2020. Disponível em: www.abics.com.br. Acesso em: 6 fev. 2020.
- ADAMS, M. R. & DOUGAN, J. Waste products. Disponível em: CLARKE, Ronald J. & MACRAE, R. (ed. 1). *Coffee: technology*. London, Elsevier, 1987. v.2, p.257-291.
- AGUILLAR-RAYMUNDO, Victoria Guadalupe et al. Spent coffee grounds cookies: Sensory and texture characteristics, proximate composition, antioxidant activity, and total phenolic content. *Journal Of Food Processing And Preservation*. Pénjamo, p. 1-8. 14 fev. 2019.
- AKATU. A borra do seu café pode ajudar o meio ambiente! Disponível em: <https://www.akatu.org.br/dica/qual-o-impacto-do-seu-cafe/>. Acesso em: 18 abr. 2020.
- ANDREOLA, Fernanda et al. The circular economy of agro and post-consumer residues as raw materials for sustainable ceramics. *International Journal Of Applied Ceramic Technology*, [s.l.], v. 17, n. 1, p. 22-31, 6 out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1111/ijac.13396>.
- ATABANI, A.E. et al. Valorization of spent coffee grounds into biofuels and value-added products: pathway towards integrated bio-refinery. *Fuel*, Ho Chi Minh City, v. 254, n. 115640, p. 1-20, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2019.115640>.
- AVELLAR, Arthur Olympio. Sistema Setorial de Inovação: Aplicação do Conceito do Café Conilon no Estado do Espírito Santo. 2013. 135 f. Tese (Doutorado) - Curso de Economia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.
- BASSETTO et al., 2016, Brasília. Processo produtivo do café torrado e moído [...]. [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em: http://www.fecilcam.br/anais/x_eepa/data/uploads/11-agroindustria/11-01.pdf. Acesso em: 11 fev. 2020.

BATISTA, Michelle J.p.a. et al. Polysaccharide-rich fraction of spent coffee grounds as promising biomaterial for films fabrication. *Carbohydrate Polymers*, [s.l.], v. 233, n. [], p. 115851, abr. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.115851>.

BIOBEAN. We are the world's largest recycler of coffee grounds. Disponível em: <https://www.bio-bean.com/>. Acesso em: 08 jan. 2020.

BIODIESELBR. As miniusinas de biodiesel. 2011. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/revista/024/miniusinas-de-biodiesel>. Acesso em: 20 maio 2020.

BIODIESELBR. Sergipe: mini-usina de biodiesel para consumo próprio é inaugurada. 2011. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/bio/mini-usina-consumo-proprio-inaugurada-sergipe-160611>. Acesso em: 20 maio 2020.

Bioeconomia. Disponível em: <http://www.abbi.org.br/pt/bioeconomia/>. Acesso em: 10 nov. 2019.

BIOECONOMY BW. What is a bioeconomy. Disponível em: <https://www.biooekonomie-bw.de/en/bw/definition>. Acesso em: 26 nov. 2019.

BRAGANÇA, Gabriel Godofredo Fiuza de. Poder de Mercado do Café Brasileiro nos EUA Abordagem via Demanda Residual. 2012. 40 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2012.

BSCA. BSCA atualiza mapa das origens produtoras de café no brasil. [S. l.], 2019. Disponível em: <http://brazilcoffeation.com.br/Not%C3%ADcias/BSCA-atualiza-mapa-origens-produtoras-cafe-brasil>. Acesso em: 11 set. 2019.

BUREAU DE INTELIGÊNCIA COMPETITIVA DO CAFÉ. Relatório Internacional de Tendências do Café. [S. l.: s. n.], 2019. 18 p. v. 6. Disponível em: http://www.consorciopesquisacafe.com.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Relatorio_v6_n_10.pdf. Acesso em: 11 nov. 2019.

CABRAL, Mariana Szente et al. Reaproveitamento da borra de café como medida de minimização da geração de resíduos. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, [s. l.], v. 101, 2010.

CAFEICULTURA. Como é o Processamento do Café Solúvel. [S. l.], 15 maio 2006. Disponível em: <https://revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=5937>. Acesso em: 15 abr. 2020.

CAMPOS-VEGA, Rocio et al. Spent coffee grounds: a review on current research and future prospects. *Trends In Food Science & Technology*, [s.l.], v. 45, n. 1, p. 24-36, set. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2015.04.012>.

CCRJ. O Café no Rio: Evolução na Produção. Evolução na Produção. Disponível em: <http://www.cccrj.com.br/rio/producao.htm>. Acesso em: 20 maio 2020.

CLUBE CAFÉ: Características do Café Gourmet. Características do Café Gourmet. Disponível em: <https://www.clubecafe.net.br/caracteristica-do-cafe-gourmet>. Acesso em: 10 nov. 2019.

COFFEE BASED. About Us. [S. l.], 28 nov. 2019. Disponível em: <https://www.coffeebased.nl/en/home-2/>. Acesso em: 8 abr. 2020.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Nosso Futuro Comum. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. 71 p.

CONAB. Levantamento indica produção de 50,92 milhões de sacas de café em 2019. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/46165397/safra-mundial-do-ano-cafeeiro-2018-2019-atinge-1745-milhoes-de-sacas#:~:text=do%20total%20global-,A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20caf%C3%A9%20em%20n%C3%ADvel%20mundial%20no%20ano%20cafeeiro,milh%C3%B5es%20que%20equivale%20a%2040%25>. Acesso em: 4 ago. 2019.

CONAB. Relatório do Café Solúvel no Brasil. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2626-producao-do-cafe-em-2018-e-recorde-e-supera-61-milhoes-de-sacas>. Acesso em: 6 dez. 2019.

CONSORCIO PESQUISA CAFÉ. Consumo de Café no Brasil aumenta 4,80% e chega a 21 milhões de sacas. 2019. Disponível em: http://consorciopesquisacafe.com.br/arquivos/consorcio/consumo/Press_release_consumo_final_vs_04_02_19.pdf. Acesso em: 12 maio. 2020.

DÁVILA-GUZMÁN, Nancy Elizabeth et al. Copper Biosorption by Spent Coffee Ground: Equilibrium, Kinetics, and Mechanism. *Clean Soil Air Water*, [s. l.], 14 dez. 2018. DOI <https://doi.org/10.1002/clen.201200109>.

DE ALMEIDA, Marlon Brando Bezerra. Bio-óleo a partir da pirólise rápida, térmica ou catalítica, da palha da cana-de-açúcar e seu co-processamento com gásóleo em craqueamento catalítico. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) - Escola de Química - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

DURÁN, Cláudia A. A. et al. Café: Aspectos Gerais e seu Aproveitamento para além da Bebida. *Revista Virtual de Química*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 12-34, 22 nov. 2016.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Escolas de pensamento. 2017. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular-1/conceito>. Acesso em: 10 nov. 2019.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. O conceito de uma economia circular. 2017. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular-1/conceito>. Acesso em: 10 nov. 2019.

EMATER-MG. Manual do Café: Colheita e Preparo. Belo Horizonte: [s. n.], 2016. v. 1.

EMBRAPA. Bioeconomia: a ciência do futuro no presente. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-bioeconomia/sobre-o-tema>. Acesso em: 12 fev. 2020.

EMBRAPA. Espírito Santo produzirá 68% do café conilon do Brasil. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/40801089/espírito-santo-produzira-68-do-cafe-conilon-do-brasil>. Acesso em: 01 dez. 2019.

EMBRAPA. O papel da compostagem de resíduos orgânicos na mitigação de emissões de metano. [S. l.], 15 jul. 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/882162/o-papel-da-compostagem-de-residuos-organicos-na-mitigacao-de-emissoes-de-metano>. Acesso em: 8 abr. 2020.

EMBRAPA. Safra mundial do ano-cafeeiro 2018-2019 atinge 174,5 milhões de sacas. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/46165397/safra-mundial-do-ano-cafeeiro-2018-2019-atinge-1745-milhoes-de-sacas#:~:text=do%20total%20global-,A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20caf%C3%A9%20em%20n%C3%ADvel%20mundial%20no%20ano%20cafeeiro,milh%C3%B5es%20que%20equivale%20a%2040%25>. Acesso em: 4 jun. 2019.

ESSABIR, Hamid et al. Thermo-mechanical performances of polypropylene biocomposites based on untreated, treated and compatibilized spent coffee grounds. *Composites Part B: Engineering*, [s.l.], v. 149, p. 1-11, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.05.020>.

ESTEVEZ, Bruno Neves. Influência do processo de secagem por pulverização mecânica (spray dryer) no tamanho de partícula e densidade aparente do café solúvel. Orientador: Cláudio Roberto F. Pacheco. 2006. Teses (Engenharia Química) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

FERREIRA, Jennifer. Seeking Sustainability in the Coffee Shop: Innovations in the Circular Economy. [S. l.: s. n.], 2019.

FRANCA, A. S. et al. Coffee processing solid wastes: Current uses and future perspectives. In: *AGRICULTURAL Wastes*. [S. l.: s. n.], 2009.

FREITAS, Suely Pereira. Extração do óleo da borra de café solúvel com etanol comercial. In: *Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil, 1., 2019, Campinas. Anais SPCB*. Campinas: Embrapa, 2019. p. 740-744.

G1. Borra de café é usada para geração de energia em fábrica de Araras, SP. 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2014/06/borra-de-cafe-e-usada-para-geracao-de-energia-em-fabrica-de-araras-sp.html>. Acesso em: 10 nov. 2019.

G1. Justiça dá prazo de 60 dias para Nestlé adotar medidas contra poluição em Araras. 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/justica-da-prazo-de-60-dias-para-nestle-adotar-medidas-contrapoluicao-em-araras-sp.ghtml>. Acesso em: 10 out. 2019.

GIROTTO, Francesca et al. The broad spectrum of possibilities for spent coffee grounds valorisation. *Journal Of Material Cycles And Waste Management*, [s.l.], v. 20, n. 1, p. 695-701, 29 abr. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10163-017-0621-5>.

GLOBO RURAL. O'coffee: 2ª colocada no Prêmio Fazenda Sustentável. [S. l.], 28 nov. 2019. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Colunas/fazenda-sustentavel/noticia/2019/11/ocoffee-2-colocada-no-premio-fazenda-sustentavel.html>. Acesso em: 7 fev. 2020.

GROCYCLE. Do You Want To Learn How To Grow Mushrooms?. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://grocycle.com/>. Acesso em: 16 jun. 2020.

INÁCIO, Caio de Teves. O papel da compostagem de resíduos orgânicos urbanos na mitigação de emissões de metano. Rio de Janeiro: Embrapa, 2010. 135 p.

IUS NATURA. Portaria Minter 53, de 01 de março de 1979. [S. l.], 1993. Disponível em: https://iusnatura.com.br/wp-content/uploads/2020/03/MINTER5379_.pdf. Acesso em: 11 mar. 2020.

JOHNSON, CHRISTENSEN, & KAGERMANN,. Reinventing Your Business Model. [S. l.], 14 dez. 2018. Disponível em: <https://hbr.org/2008/12/reinventing-your-business-model>. Acesso em: 23 abr. 2020.

KAFFE BUENO. Kaffe Bueno Oil. Disponível em: <https://www.kaffebueno.com/coffee-oil>. Acesso em: 10 set. 2019.

KAFFE BUENO. Recycled coffee a new cosmetics ingredient? Kaffe Bueno launch. 2019. Disponível em: <https://www.cosmeticsdesign-europe.com/Article/2019/03/07/Recycled-coffee-a-new-cosmetics-ingredient-Kaffe-Bueno-launch>. Acesso em: 20 maio 2020.

KAFFE BUENO. Welcome to Kaffe Bueno. Disponível em: <https://www.kaffebueno.com/coffee-oil>. Acesso em: 03 ago. 2019.

KAFFEEFORM. The Kaffeform Idea. Disponível em: <https://www.kaffeeform.com/en/story/>. Acesso em: 02 ago. 2019.

KARMEE, Sanjib Kumar et al. A spent coffee grounds based biorefinery for the production of biofuels, biopolymers, antioxidants and biocomposites. *Waste Management*, [s.l.], v. 72, p. 240-254, fev. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.042>.

KHELIL, Omar et al. Polyphenols content of spent coffee grounds subjected to physico-chemical pretreatments influences lignocellulolytic enzymes production by *Bacillus* sp. R2. *Bioresource Technology*, [s.l.], v. 211, n. [], p. 769-773, jul. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.03.112>.

KLITKOU, Antje et al. *From Waste to Value*. Oslo: Routledge, 2019. 326 p. Cap. 3, pág 52.

KONDAMUDI, Narasimharao; MOHAPATRA, Susanta K.; MISRA, Mano. Spent Coffee Grounds as a Versatile Source of Green Energy. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, [s.l.], v. 56, n. 24, p. 11757-11760, 24 dez. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1021/jf802487s>.

KOOKOS, I.k. et al. Technoeconomic and environmental assessment of a process for biodiesel production from spent coffee grounds (SCGs). *Resources, Conservation And Recycling*, [s.l.], v. 134, n. [], p. 156-164, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.02.002>.

KOURMENTZA, C. et al. Spent coffee grounds make much more than waste: exploring recent advances and future exploitation strategies for the valorization of an emerging food waste stream. *Journal Of Cleaner Production*, [s.l.], v. 172, n. 172, p. 980-992, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.088>.

KOVALCIK, Adriana et al. Valorization of spent coffee grounds: a review. *Food And Bioproducts Processing*, [s.l.], v. 110, p. 104-119, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2018.05.002>.

KUA, Teck-ang et al. Stiffness and deformation properties of spent coffee grounds based geopolymers. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 138, n. [], p. 79-87, maio 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.082>.

KWON, Eilhann E. et al. Sequential co-production of biodiesel and bioethanol with spent coffee grounds. *Bioresource Technology*, [s.l.], v. 136, n. 8, p. 475-480, maio 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.03.052>.

LA BOITE À CHAMPIGNOS. Upcycle, the startup that turns biowaste into food. [S. l.], 29 jun. 2020. Disponível em: <https://www.laboiteachampignons.com/>. Acesso em: 29 jun. 2020.

LANG, Christian. Yarns with coffee residue and preparation thereof. Titular: European Patent Office. AL n. EP 2093314 A2. Depósito: 05 ago. 2008. Concessão: 26 ago. 2009.

LONDON STANSTED. London Stansted to become first airport in world to convert all its coffee waste to solid biofuels in ground-breaking partnership with bio-bean. Disponível em: <https://mediacentre.stanstedairport.com/london-stansted-to-become-first-airport-in-world-to-convert-all-its-coffee-waste-to-solid-biofuels-in-ground-breaking-partnership-with-bio-bean/>. Acesso em: 12 dez. 2019.

LOW, J. H. et al. The influence of extraction parameters on spent coffee grounds as a renewable tannin resource. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 101, p. 222-228, 15 ago. 2015.

MAPA. Café no Brasil. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>. Acesso em: 18 set. 2019.

MARTINEZ-SAEZ, Nuria et al. Use of spent coffee grounds as food ingredient in bakery products. *Food Chemistry*, [s.l.], v. 216, n. [], p. 114-122, fev. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.173>.

MASSARO SOUSA, L. et al. Feeding spent coffee ground powders with a non-mechanical L-valve: experimental analysis and tfm simulation. *Powder Technology*, [s.l.], v. 360, n. [], p. 1055-1066, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2019.11.005>.

MASSAYA, Jackie et al. Conceptualization of a spent coffee grounds biorefinery: a review of existing valorisation approaches. *Food And Bioproducts Processing*, [s.l.], v. 118, n. 118, p. 149-166, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2019.08.010>.

MATA, Teresa M. et al. Bio-refinery approach for spent coffee grounds valorization. *Bioresource Technology*, [s.l.], v. 247, n. 1, p. 1077-1084, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.106>.

MCNUTT, Josiah et al. Spent Coffee Grounds: a review on current utilization. *Journal Of Industrial And Engineering Chemistry*, Nova Scotia, v. 91, n. 42, p. 1-38, nov. 2018.

MONTEIRO, João Pedro da Silva. Mapeamento e Avaliação de oportunidades tecnológicas para o reaproveitamento dos subprodutos da soja no Brasil. Orientador: Fábio Oroski. 2019.

128 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

MUSSATTO, Solange I. et al. Sugars metabolism and ethanol production by different yeast strains from coffee industry wastes hydrolysates. *Applied Energy*, [s.l.], v. 92, n. 4, p. 763-768, abr. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.08.020>.

MUSSATTOa, Solange I. et al. A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds. *Carbohydrate Polymers*, [s.l.], v. 83, n. 2, p. 368-374, jan. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.07.063>.

MUSSATTOb, Solange I. et al. Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. *Food And Bioprocess Technology*, [s.l.], v. 4, n. 5, p. 661-672, 31 mar. 2011. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>.

NETO, Eduardo Matins. Oportunidades de valorização dos resíduos de panificação em grandes cidades brasileiras: um estudo de caso do rio de janeiro. Orientador: Fábio Oroski. 2020. 70 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

OBRUCA, Stanislav et al. Biotechnological conversion of spent coffee grounds into polyhydroxyalkanoates and carotenoids. *New Biotechnology*, Brno, v. 3, n. 76, p. 1-19, 14 fev. 2015.

OLIVEIRA FILHO, Ulisses C. de. Desenvolvimento de um secador “spray” para obtenção de pós finos de percussores de Nióbio. 2007.137 p. Tese (Doutorado)-Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

ONU. Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2018. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 13 dez. 2019.

O'RIGHT. Recoffee Hair Oil. Disponível em: https://www.orientinc.com/en/products_green/views/29. Acesso em: 05 ago. 2019.

OSORIO-ARIAS, Juan et al. Rheological, texture, structural, and functional properties of Greek-style yogurt fortified with cheese whey-spent coffee ground powder. *Lwt*, [s.l.], v. 129, n. [], p. 109523, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109523>.

PANUSA, A. et al. Recovery of natural antioxidants from spent coffee grounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, [s. l.], v. 61, 17 maio 2013.

PCRJ. Bairros Cariocas. Disponível em: <http://pcrj.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=7fe1b0d463e34b3b9ca2fafd50c3df76>. Acesso em: 06 mar. 2020.

PETTINATO, Margherita et al. Encapsulation of antioxidants from spent coffee ground extracts by spray drying. *Chemical Engineering Transactions*, [s.l.], v. 57, n. [], p. 1219-1224, maio 2017. AIDIC: Italian Association of Chemical Engineering. <http://dx.doi.org/10.3303/CET1757204>.

PHIMSEN, Songphon et al. Oil extracted from spent coffee grounds for bio-hydrotreated

diesel production. Energy Conversion And Management, [s.l.], v. 126, n. [], p. 1028-1036, out. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2016.08.085>.

PNRS. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. [S. l.], 2019. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 4 jun. 2019.

PORTAL DA INDÚSTRIA. Indústria Sustentável: economia circular. Economia Circular. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-sustentavel/temas-de-atuacao/economia-circular/>. Acesso em: 10 set. 2019.

RECOFFEE DESIGN. Do lixo fazemos design. Disponível em: <https://www.recoffeedesign.com.br/>. Acesso em: 05 ago. 2019.

RENS. About Us. Disponível em: <https://rensoriginal.com/>. Acesso em: 04 ago. 2019.

REVISTA ATTALEA. Consumo doméstico de café deve crescer 3,5% ao ano até 2021. Disponível em: <https://revistadeagronegocios.com.br/consumo-domestico-de-cafe-deve-crescer-35-ao-ano-ate-2021/>. Acesso em: 26 nov. 2019.

REVISTA CAFEICULTURA. Como é o Processamento do Café Solúvel. São Paulo, 15 maio 2006. Disponível em: <https://revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=5937> Acesso em: 23 mar. 2020.

REVIVE ECO. About Us. Disponível em: <https://revive-eco.com/>. Acesso em: 03 ago. 2019.

ROTTERZWAN. About Us. [S. l.], 10 jun. 2020. Disponível em: <https://www.rotterzwam.nl/>. Acesso em: 29 jun. 2020.

S. CAFÉ. What is S. Café. [S. l.], 25 ago. 2016. Disponível em: <http://www.scafeabrics.com/en-global/about/particular#>. Acesso em: 13 nov. 2019.

SCAFE. Welcome to S-Café. Disponível em: <https://www.scafe.com.sg/>. Acesso em: 02 ago. 2019

SEBRAE. A bioeconomia é uma boa oportunidade de negócio?. 2017. Disponível em: <https://blog.sebrae-sc.com.br/bioeconomia-e-uma-boa-oportunidade-de-negocio/>. Acesso em: 10 set. 2019.

SEBRAE. Estudo traz o panorama do mercado de cafés e cafeterias no Brasil. [S. l.], 25 jul. 2019. Disponível em: <https://blog.sebrae-sc.com.br/cafe-cafeterias/>. Acesso em: 23 mar. 2020.

SEBRAE. Mercado do Café. [S. l.], 2015. Disponível em: http://www.sebraemercados.com.br/wp-content/uploads/2015/10/2014_06_26_BO_Maio_Turismo_Cafeteria_pdf.pdf. Acesso em: 11 nov. 2019.

SHANG, Y.-f. et al. Antioxidative polyphenolics obtained from spent coffee grounds by pressurized liquid extraction. South African Journal Of Botany, [s.l.], v. 109, n. [], p. 75-80, mar. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2016.12.011>.

SHELL. Britain wakes up to the energy of coffee. 2018. Disponível em:

<https://www.shell.com/make-the-future/cleaner-mobility/bio-bean.html>. Acesso em: 5 mar. 2020.

SHEPPARD, Phil et al. Synergies in the co-location of food manufacturing and biorefining. *Food And Bioproducts Processing*, [s.l.], v. 117, n. 1, p. 340-359, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2019.08.001>.

SILVA, Maria Izabela de Almeida et al. ACOFFEE – INDÚSTRIA DE CAFÉ SOLÚVEL. 2018. 186 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2018.

SUNO. O que é CAPEX?. [S. l.], 3 jun. 2020. Disponível em: <https://www.sunoresearch.com.br/artigos/capex/#:~:text=O%20CAPEX%20%C3%A9%20a%20sigla,capital%20de%20uma%20determinada%20companhia>. Acesso em: 14 jun. 2020.

TAKE COFFEE. Você sabe o que é café liofilizado?. 2018. Disponível em: <http://takecoffee.com.br/voce-sabe-o-que-e-o-cafe-liofilizado/>. Acesso em: 16 jul. 2019.

TEECE, David J. Business Models, Business Strategy and Innovation. *Long Range Planning*, [s. l.], v. 43, p. 172-194, 2010.

TICIANELLI, Edson A. et al. *Eletroquímica*. [S. l.]: Edusp, 2005. 220 p. v. 2.

UOL. Colares, pulseiras e relógios. [S. l.], 14 jan. 2020. Disponível em: <https://www.uol.com.br/ecoa/ultimas-noticias/2020/02/14/como-borra-de-cafe-vira-colares-pulseiras-e-relogios-de-ate-r-180.htm>. Acesso em: 7 fev. 2020.

UP CIRCLE. Who we are. Disponível em: <https://upcirclebeauty.com/>. Acesso em: 04 ago. 2019.

UPCYCLE. Upcycle, the startup that turns biowaste into food. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://openresource.suez.com/en/-/upcycle-the-startup-that-turns-biowaste-into-food>. Acesso em: 29 jun. 2020.

UTOMO, Djati et al. Adsorption of heavy metals by exhausted coffee grounds as a potential treatment method for waste waters. *E-Journal of Surface Science and Nanotechnology*, [s. l.], v. 4, p. 504-511, 14 dez. 2006. DOI <https://doi.org/10.1380/ejssnt.2006.50>

VAN ELK, Ana Ghislane Henriques Pereira. Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicando resíduos sólidos: redução de emissões na disposição final. Rio de Janeiro: Ibam, 2007. 40 p.

VEGRO, C. L. R.; Carvalho, F. C. (2006). Disponibilidade e utilização de resíduos gerados no processamento agroindustrial do café. *Inf. Econ.*, v. 24, p. 9-16.

VICE. This Taiwanese Company Makes Clothes Out of Coffee Grounds. 2016. Disponível em: https://www.vice.com/en_us/article/78m7mz/this-taiwanese-company-makes-clothes-out-of-coffee-grounds. Acesso em: 17 maio 2020.

VIOTTO, Luiz Antonio. Projeto e avaliação econômica de sistemas de secagem de borra de café. 1991. [295]f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, CAMPINAS, SP.

WANG, Hui-min David et al. Optimization of High Solids Dilute Acid Hydrolysis of Spent Coffee Ground at Mild Temperature for Enzymatic Saccharification and Microbial Oil Fermentation. *Applied Biochemistry And Biotechnology*, [s.l.], v. 180, n. 4, p. 753-765, 14 maio 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12010-016-2130-8>.

WWF. O que é desenvolvimento sustentável. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel. Acesso em: 10 nov. 2019.

XU, Huan et al. Coffee Grounds to Multifunctional Quantum Dots: extreme nanoenhancers of polymer biocomposites. *Acs Applied Materials & Interfaces*, [s.l.], v. 9, n. 33, p. 27972-27983, 10 ago. 2017. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acsami.7b09401>.

ZABANIOTOU, Anastasia; KAMATEROU, Paraskevi. Food waste valorization advocating Circular Bioeconomy - A critical review of potentialities and perspectives of spent coffee grounds biorefinery. *Journal Of Cleaner Production*, [s.l.], v. 211, n. [], p. 1553-1566, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.230>.