



ROADMAP TECNOLÓGICO DO APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DO BENEFICIAMENTO DE CAFÉ NO SETOR AGRÍCOLA

Camilla Ferreira de Souza

Projeto Final em Química Industrial

Orientadores:

Suzana Borschiver, D.Sc.

Daniel Tinôco, M.Sc.

Taissa Ferreira de Oliveira Souza, M.Sc.

Março 2022

ROADMAP TECNOLÓGICO DO APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DO BENEFICIAMENTO DE CAFÉ NO SETOR AGRÍCOLA.

Camilla Ferreira de Souza

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

Aprovado por:

Profa. Carla Reis de Araújo, D. Sc.

Thaís Lima de Paiva, M.Sc.

Orientado por:

Profa. Suzana Borschiver, D. Sc.

Prof. Daniel Tinôco, M. Sc.

Taissa Ferreira de Oliveira Souza, M. Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Março 2022

Ficha Catalográfica

de Souza, Camilla Ferreira

Roadmap tecnológico do aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola / Camilla Ferreira de Souza, Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2022. xi, 110 p.; il.

(Projeto Final) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2022.

Orientadores: Suzana Borschiver, Daniel Tinôco, Taissa Ferreira de Oliveira Souza.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Sandra e Adilson por todo apoio em todas as minhas escolhas e sonhos, pelas oportunidades e compreensão durante toda minha jornada na UFRJ. Obrigada por tanto amor. Minha mãe, você é meu maior exemplo de determinação, obrigada por sempre confiar em mim.

Ao meu melhor amigo, agora esposo, exemplo de profissional e meu maior companheiro da UFRJ, Fred, por todo amor e parceria durante esses anos, por ser a calma que eu preciso e por nunca ter me deixado desistir, tenho muito orgulho de tudo que construímos até aqui e do que ainda iremos. “Você é minha pessoa, você sempre vai ser minha pessoa”.

Ao meu fã clube de duas integrantes, minhas melhores amigas, mas que prefiro chamar de irmãs, Mires e Tati, por vibrarem por mim em todos os momentos.

Às minhas amigas e amigos e faculdade, a Elite EQ, pelos momentos que passamos juntos na faculdade, sendo estudando, indo para a “Boom” ou para jogos universitários, muito carinho por tudo que vivemos nesses anos.

Aos meus orientadores professor Daniel e Taíssa e a todos do “grupo do café”, pelos aprendizados, compreensão e, principalmente, por ter deixado a trajetória mais leve. Certamente as melhores pessoas que eu conheci no final da graduação.

À professora e orientadora Suzana, pelas oportunidades de aprendizado e de trabalho.

À professora Carla, por todo apoio e orientação dada.

A todos os professores da EQ da graduação que contribuíram com a minha formação acadêmica.

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

ROADMAP TECNOLÓGICO DO APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DO BENEFICIAMENTO DE CAFÉ NO SETOR AGRÍCOLA.

Camilla Ferreira de Souza

Março, 2022

Orientadores: Suzana Borschiver, D.Sc.

Daniel Tinôco, M.Sc.

Taissa Ferreira de Oliveira Souza, M.Sc

A indústria cafeeira desempenha um papel importante tanto no mercado interno quanto no mercado externo, sendo o café a segunda maior *commodity* comercializada e a segunda bebida mais popular do mundo. O processamento de café gera uma enorme quantidade de resíduos como borra, polpa, casca, mucilagem e película de prata do café. O uso desses resíduos no setor agrícola é uma das alternativas de agregar valor à essa matéria orgânica, solucionando os problemas associados ao seu descarte no ambiente. Nesse cenário, este trabalho teve como objetivo identificar as tendências tecnológicas para o aproveitamento dos resíduos de café no setor agrícola, com foco nas aplicações como condicionador de solo, fertilizante, composto orgânico, *biochar*, fungicultura e como biocontrole. Foi realizada uma busca de artigos científicos e patentes solicitadas e concedidas referentes ao tema do trabalho, utilizando as bases de dados *Web of Science* e *LENS*. Como resultado, foram analisados 60 artigos científicos, 59 patentes solicitadas e 8 patentes concedidas no período de 1978 a julho de 2021. A borra de café se destacou como o resíduo mais utilizado, enquanto a tecnologia de compostagem foi a mais utilizada para produzir composto orgânico. O Brasil é o segundo país com mais artigos publicados sobre o tema, ficando atrás apenas da Espanha, sendo, portanto, promissora a utilização de resíduos de café

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produtividade de café total no Brasil em anos de bienalidade positiva e negativa.....	16
Figura 2 - Evolução da produção e consumo mundial de café.....	18
Figura 3: Estrutura esquemática do grão de café indicando as diferentes estruturas.	20
Figura 4 - Esquema ilustrativo das Tecnologias de processamento e os resíduos gerados.....	21
Figura 5 - Casca de café	23
Figura 6 - Borra de café.....	23
Figura 7 - Grão de café com mucilagem.....	24
Figura 8 - Polpa de café.	24
Figura 9 - Película prateada.....	25
Figura 10 - Organograma da classificação dos fertilizantes.....	30
Figura 11 - Gráficos de dependência externa por fertilizantes.	30
Figura 12: Forma genérica do roadmap tecnológico	36
Figura 13 - Metodologia para construção do Roadmap Tecnológico.	38
Figura 14 - Exemplo de disposição de taxonomias e evolução temporal.	42
Figura 15 - Evolução temporal do número de artigos científicos publicados sobre o aproveitamento dos resíduos de café pelo setor agrícola- período de 1980 a Jul/2021.	46
Figura 16 - País de origem dos autores principais dos artigos científicos sobre o aproveitamento dos resíduos de café pelo setor agrícola - período de 1980 a Jul/2021.....	47

Figura 17 - Natureza das instituições que publicaram artigos científicos sobre o aproveitamento de resíduos de café pelo setor agrícola– período de 1980 a Jul/2021.	50
Figura 18 - Número de documentos publicados por Universidades sobre o aproveitamento de resíduos de café pelo setor agrícola – período de 1980 a Jul/2021.	52
Figura 19 - Vias de processamento dos resíduos de café – período de 1980 a Jul/2021.....	57
Figura 20 - Resíduos obtidos da via semisseca/semiúmida de processamento de café – período de 1980 a Jul/2021.....	59
Figura 21 – Tecnologias de processamento de resíduos de café – período de 1980 a Jul/2021.....	60
Figura 22 – Aplicações dos resíduos de café – período de 1980 a Jul/2021.....	62
Figura 23 – Aplicação de resíduos de café como composto orgânico – período de 1980 a Jul/2021.....	63
Figura 24 - Aplicação de resíduos de café como fertilizante – período de 1980 a Jul/2021.....	65
Figura 25 - Aplicação de resíduos de café como condicionador de solo – período de 1980 a Jul/2021.....	66
Figura 26 - Aplicação de resíduos de café como <i>biochar</i> – período de 1980 a Jul/2021.....	67
Figura 27 - Aplicação de resíduos de café como forma de biocontrole – período de 1980 a Jul/2021.....	69
Figura 28 - Evolução temporal do número de patentes solicitadas e concedidas sobre o aproveitamento dos resíduos de café pelo setor agrícola- período de 1978 a Jul/2021.....	71
Figura 29 - Jurisdição das patentes solicitadas e concedidas- período de 1978 a Jul/2021.....	72

Figura 30 - Distribuição por aplicantes de patentes solicitadas e concedidas sobre o aproveitamento dos resíduos de café pelo setor agrícola- período de 1978 a Jul/2021	74
Figura 31 - Vias de processamento dos resíduos de café – período de 1978 a Jul/2021.....	76
Figura 32 – Tecnologias de processamento de resíduos de café – período de 1978 a Jul/2021.....	77
Figura 33: Aplicações dos resíduos de café – período de 1978 a Jul/2021.	78
Figura 34: Estágio atual do roadmap tecnológico de aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola.....	82
Figura 35: Curto Prazo do <i>roadmap</i> tecnológico de aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola.....	85
Figura 36: Recorte 1 - Médio Prazo do roadmap tecnológico de aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola.....	87
Figura 37: Recorte 2 - Médio Prazo do roadmap tecnológico de aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola.....	88
Figura 38: Recorte 1 - Médio Prazo do roadmap tecnológico de aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola.....	91
Figura 39: Recorte 2 - Médio Prazo do roadmap tecnológico de aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola.....	92
Figura 40: Recorte 3 - Médio Prazo do roadmap tecnológico de aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola.....	93
Figura 41: Análise temporal da taxonomia Micro I Resíduo de café.....	96
Figura 42: Análise temporal da taxonomia Micro I Tecnologias.	97
Figura 43: Análise temporal da taxonomia Micro I Aplicação.	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características do Café Arábica e Robusta.....	15
Quadro 2 - Ranking dos principais países consumidores de café – Safra 2020/2021.....	17
Quadro 3 - Ranking dos principais países consumidores de café – Safra 2020/2021.	19
Quadro 4 - Rendimentos dos produtos segundo diferentes condições de pirólise	28
Quadro 5 - Estratégias de busca de artigos científicos conforme temas de interesse envolvendo a reutilização do resíduo do beneficiamento do café no Setor Agrícola.....	40
Quadro 6 - Estratégia de busca de artigos científicos e palavras-chaves utilizadas na base de dados Web of Science – período de 1980 a julho de 2021.....	44
Quadro 7 - Parcerias entre países na publicação de artigos científicos sobre o aproveitamento de resíduos de café pelo setor agrícola – período de 1980 a Jul/2021.....	48
Quadro 8 - Definições das taxonomias Meso.....	53
Quadro 9 - Taxonomias aplicadas a níveis Meso e Micro.....	55
Quadro 10 - Estratégia de busca de patentes concedidas e solicitadas e palavras- chaves utilizadas na base de dados Lens.....	70
Quadro 11 - Relação dos players encontrados no Estágio Atual.....	81

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.3 ESTRUTURAÇÃO DO PROJETO FINAL	14
2.1 CAFÉ	15
2.3 ESTRUTURA DO GRÃO DE CAFÉ	20
2.4 TECNOLOGIAS DE PROCESSAMENTO DO CAFÉ	20
2.4.1 Resíduos da agroindústria do café	22
2.5 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NA AGRICULTURA	25
2.5.1 Tecnologias utilizadas nos resíduos de café para aplicação na produção agrícola	27
2.6 APLICAÇÕES DOS RESÍDUOS DE CAFÉ NO SETOR AGRÍCOLA	28
2.6.1 Condicionador de solo	28
2.6.2 Fertilizante	29
2.6.3 Composto orgânico	31
2.6.4 Biochar	32
2.6.5 Fungicultura	33
2.6.6 Biocontrole	33
3 PROSPECÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA	35
3.1 Roadmap Tecnológico	36
4 METODOLOGIA	38
4.1 ETAPA PRÉ-PROSPECTIVA	38
4.2 ETAPA PROSPECTIVA	38

4.2.1 Definição da estratégia de busca.....	40
4.2.2 Análise dos resultados	41
4.3 ETAPA PÓS-PROSPECTIVA.....	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
5.1 Análise dos artigos científicos.....	44
5.1.1 Análise Macro	45
5.1.2 Análise Meso	53
5.1.3 Análise Micro	54
5.1.3.3 Aplicação	61
5.2 Análise de patentes.....	69
5.2.1 Análise Macro	71
5.2.2 Análises Meso e Micro	75
5.2.2.1 Resíduo de café.....	75
5.2.2.2 Tecnologia	76
5.2.2.3 Aplicação	77
5.3 <i>Roadmap</i> Tecnológico	81
5.3.1 Estágio Atual	81
5.3.3 Médio Prazo	86
5.3.4 Longo Prazo.....	90
5.4 Análise temporal do <i>Roadmap</i> tecnológico.....	95
5.5 Análise horizontal	96
5.5.1 Resíduo de Café	96
5.5.2 Tecnologia	97
5.5.3 Aplicação	98

6 CONCLUSÕES	100
Referências	103

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O café é a segunda commodity mais comercializada no mundo, com 80 países cultivando os grãos e é bastante relevante para a economia dos seus principais países produtores, sendo um mercado em constante crescimento (HOSEINI et al., 2021). A cafeicultura produz quantidades expressivas de subprodutos, visto que de 30 a 50% do peso do fruto do café é resíduo. São gerados mais de 10 milhões de toneladas de resíduos sólidos, geralmente incinerados nas próprias propriedades rurais, descartados incorretamente no ambiente ou com destinos a aterros sanitários (CAMPOS et al., 2021).

A quantidade de resíduos gerados nessa indústria tem despertado atenção mundial e estudos têm sido realizados para encontrar soluções para seu aproveitamento de forma sustentável e com vantagem econômica. Dessa forma, diversas soluções de aproveitamento têm sido propostas com aplicações em diferentes indústrias e campos, como alimentos, cosméticos, biocombustíveis e agricultura. (CARRASCO-CABRERA; BELL; KERTESZ, 2019). A valorização desses subprodutos por meio de aplicações inovadoras e úteis é considerado essencial, pois aumenta a sustentabilidade do processo (CAMPOS et al., 2021).

O desenvolvimento sustentável na agricultura pode ser considerado um aliado importante para as soluções dos problemas ambientais. As práticas agrícolas sustentáveis são métodos e ações que podem contribuir para a atenuação do impacto negativo ao meio ambiente, como por exemplo, preservar o solo, optando pela produção orgânica e minimizar o uso de químicos, preservando e conservando recursos naturais, dentre outras práticas. Essas ações além de trazerem benefícios para o solo, também melhoram a qualidade dos alimentos para consumo (LAURETT; PAÇO E MAINARDES, 2021).

Portanto, considerando seu importante conteúdo de nutrientes químicos, os resíduos gerados pela indústria cafeeira podem ser considerados como uma alternativa para as práticas agrícolas sustentáveis, através das suas aplicações como fertilizantes, melhorador de solos e como defensivos agrícolas naturais (HOSEINI et al., 2021).

1.2 OBJETIVOS

Diante do exposto, o objetivo do trabalho é construir um *Roadmap* tecnológico para o aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola, partindo de um estudo de prospecção tecnológica, a fim de identificar as principais tendências tecnológicas e mercadológicas, relacionadas às matérias-primas utilizadas, às tecnologias envolvidas e às áreas de aplicação, referentes aos *players* (empresas, universidades e parcerias) do setor.

1.3 ESTRUTURAÇÃO DO PROJETO FINAL

Para atender ao objetivo proposto, o trabalho está estruturado conforme descrito a seguir:

Capítulo 1 - Introdução do assunto objeto de estudo, assim como dos principais objetivos do trabalho.

Capítulo 2 - Revisão geral acerca do tema, abordando fundamentação teórica sobre o café, mercado, processamento e geração de resíduos, agricultura orgânica, como também sobre tecnologias e aplicações do resíduo de café no setor agrícola.

Capítulo 3 - Conceitos sobre Prospecção Tecnológica: são apresentados os embasamentos científicos e metodologias que compõem este campo de estudo.

Capítulo 4 - Metodologia: Apresentação da forma com que a pesquisa foi conduzida, bem como as fontes de busca utilizadas e análises realizadas.

Capítulo 5 - Resultados e discussões sobre a prospecção tecnológica e o *roadmap* tecnológico.

Capítulo 6 - Conclusões do trabalho.

Capítulo 7 - São apresentadas sugestões de trabalhos futuros a partir dos resultados encontrados neste estudo.

Por fim são apresentadas as próximas etapas do estudo e as referências utilizadas neste relatório.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CAFÉ

O café (*Coffea sp.*) é uma bebida estimulante, tipicamente servida quente, produzida a partir dos grãos torrados da árvore cafeeira. O cafeeiro pertence à família *Rubiaceae* e, dentre as inúmeras espécies existentes, atualmente apenas *Coffea arabica L.* (conhecida como arábica) e *Coffea canephora L.* (conhecida como robusta ou conilon), possuem importante valor econômico, constituindo respectivamente, 70% e 30% da produção mundial (DURÁN et al., 2017; JANISSEN E HUYNH, 2018).

O café tipo arábica se classifica como um produto mais fino e de melhor qualidade, com aroma e acidez acentuados, a sua taxa de cafeína fica em torno de 1,4%, sendo mais consumido na área gourmet e nos mercados internacionais. Já tipo robusta (ou conilon) é usado principalmente para a produção de cafés solúveis e em misturas com o arábica. Esse tipo apresenta menor acidez e uma maior taxa de cafeína, cerca de 2,5%, e o seu consumo é mais notado em mercados emergentes (MAPA, 2018). As características de cada espécie estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Características do Café Arábica e Robusta.

Características da Planta		
	Arábica	Robusta
Faixa de temperatura	15 - 24 °C	24 - 30 °C
Precipitação ótima	1500 - 2000 mm/ano	2.000 - 3.000 mm/ano
Altitude ótima	1.000 - 2.000 metros	Abaixo de 700 metros
Tamanho e forma	Arbusto baixo e denso	Árvore pequena (até 10 m de altura)
Época de floração	Após chuva	Irregular
Resistência a doenças	Mais suscetível	Mais resistente
Produtividade	Menor produtividade	Maior produtividade
Características da Bebida	Maior qualidade, menor teor de cafeína, mais leve, mais ácido	Menor qualidade, maior teor de cafeína, encorpado, mais amargo

Fonte: OLIVEIRA et al. (2012)

O café também é a segunda maior commodity no *ranking* mundial, fica atrás apenas do petróleo, e é bastante relevante para a economia de seus países produtores. A importância comercial do café tem crescido de forma constante nos últimos 150 anos e este se tornou uma das bebidas mais consumidas no mundo (HOSEINI et al., 2021).

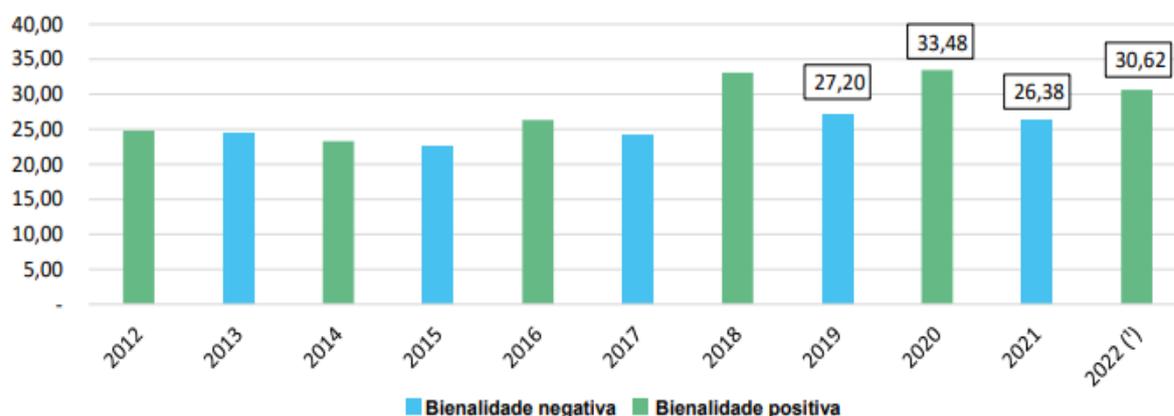
No Brasil, o café é comercializado em quatro diferentes formas:

1. Em pó: o mais tradicional, consumido por métodos com e sem filtro;
2. Em grãos: específicos para serem moídos em moedores manuais ou automáticos;
3. Solúvel: dissolvido diretamente na água quente;
4. Em cápsulas: utilizados em máquinas específicas (MAPA, 2018).

2.2 MERCADO DO CAFÉ

A cafeicultura desempenha um papel importante tanto no mercado interno quanto no mercado externo. Dados mostram que o mercado de café ainda está crescendo, contudo, o ciclo bienal tem grande influência na produtividade das safras, como demonstrado na Figura 1. Um ciclo bienal é uma característica do cafeeiro, que consiste em alternar um ano com grande florada seguido por outro com florada menos intensa, permitindo que a planta se recupere para produzir melhor na safra subsequente (CONAB, 2022).

Figura 1 - Produtividade de café total no Brasil em anos de bienalidade positiva e negativa.



Fonte: CONAB (2022).

Atualmente, a produção da espécie arábica corresponde a quase 80% da área total destinada à cafeicultura do Brasil e está concentrada no estado de Minas Gerais, maior produtor, representando 70% da variedade arábica produzida no país. O conilon é cultivado principalmente no estado do Espírito Santo, onde se concentra cerca de 70% da produção nacional desta variedade de café (CONAB, 2022).

Segundo a Organização Internacional de Café (2021), a produção mundial aumentou mais de 60% desde a época de 1990. O consumo interno nos países produtores representa 30,2% do volume total do consumo mundial, os restantes 69,8% sendo consumidos nos países não, portanto, o café é considerado ainda um produto de exportação. No ano safra de 2020/2021, a produção mundial cafeeira foi de 175,48 milhões de sacas de 60 kg, representando um aumento quando comparado aos 169,00 milhões de sacas produzidos no ano anterior.

Nesse cenário, o Brasil se destaca por ser o maior produtor mundial de café, com uma participação de 38,7% no atual ciclo. Em 2020, o Brasil apresentou uma safra de 67,9 milhões de sacas, atingindo o recorde de produção já registrada no país, já em 2021 teve influência da bialidade negativa. O Vietnã é o segundo principal produtor (18,6%) e a Colômbia (8,2%) aparece na terceira colocação na produção da safra atual (CONAB, 2022). O Quadro 2 mostra o *ranking* dos principais países produtores de café na safra de 2020/21.

Quadro 2 - Ranking dos principais países produtores de café – Safra 2020/2021.

Posição	País	Produção (mil sacas de 60 kg)	Participação (%)
1º	Brasil	67.900	38,7
2º	Vietnã	29.000	16,5
3º	Colômbia	14.100	8
4º	Indonésia	10.700	6,1
5º	Etiópia	7.500	4,3
6º	Honduras	6.125	3,5
7º	Índia	5.250	3
8º	Uganda	4.800	2,7
9º	Peru	4.450	2,5
Demais países 35		25.655	14,6
Produção total		175.480	100

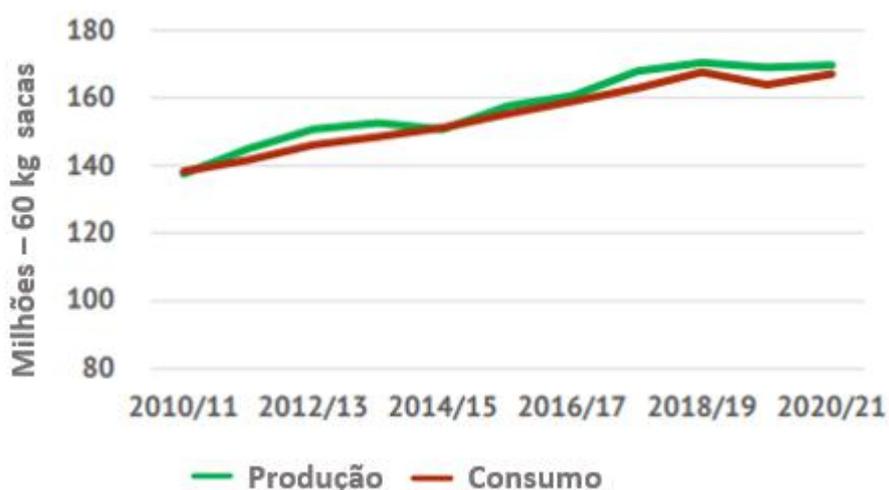
Fonte: Adaptado de CONAB (2021).

Em 2021, o Brasil exportou cerca de 42,4 milhões de sacas de 60 kg de café, o que representa um declínio de 3,3% em relação ao volume exportado no ano anterior. Apesar da queda entre 2020 e 2021, a quantidade exportada em 2021 foi 14,3% maior que a exportação média dos cinco anos anteriores. Dos 149 países para os quais o Brasil exportou café no ano de 2021, os principais foram os Estados

Unidos e a Alemanha, correspondendo a 19,4% e 17%, respectivamente, seguidos pela Bélgica (7,4%), Itália (7,3%) e Japão (6,6%) (CONAB, 2022).

Além disso, o consumo de café mundial foi estimado em 163,41 milhões de sacas em 2020/21, em comparação com 162,24 milhões no ano de 2019/20. No entanto, a pandemia da covid-19 influenciou as tendências e padrões de consumo de café, principalmente na safra 2019/2020. Nesse ano a produção global foi estimada abaixo da produção de 2018/19, que atingiu o total 165,53 milhões de sacas. Ainda assim, espera-se que a produção e o consumo de café aumentem cada vez mais em relação aos níveis atuais (OIC, 2020). A Figura 2 mostra a evolução ao longo dos anos da produção e consumo mundial de café.

Figura 2 - Evolução da produção e consumo mundial de café.



Fonte: Adaptado de OIC (2021).

Ao analisar o consumo global de café, os países da União Europeia (Finlândia, Dinamarca, Holanda, Suécia, Bélgica e Luxemburgo) se destacam como os principais consumidores (Quadro 3), mostrando 27,9% de participação dentre os selecionados. Em seguida pode ser destacado os Estados Unidos (16%) e o Brasil (14,4%), que apesar de ser o maior produtor, se apresenta como o terceiro país em consumo.

Quadro 3 - Ranking dos principais países consumidores de café – Safra 2020/2021.

Posição	País	Consumo (mil sacas de 60 kg)	Participação (%)
1º	União Europeia	45.475	27,9
2º	EUA	26.030	16
3º	Brasil	23.530	14,4
4º	Japão	7.610	4,7
5º	Filipinas	6.120	3,8
6º	Canadá	4.830	3
7º	Rússia	4.625	2,8
8º	Indonésia	4.900	3
9º	Etiópia	3.140	1,9
Demais países 55		36.581	22,5
Consumo total		162.841	100

Fonte: Adaptado de OIC (2021).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2021), no Brasil, a expectativa é de crescimento da área total destinada à produção de café em 2022, sendo destinados 2,2 milhões de hectares, um aumento de 1,7% em relação a 2021. Os principais estados produtores são Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso, Amazonas e Pará.

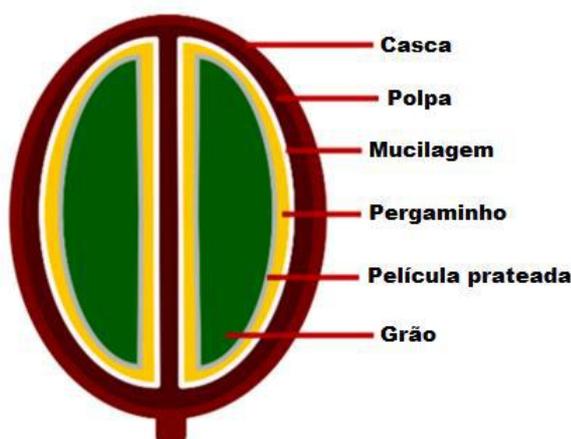
Deste modo, diante do constante crescimento da indústria cafeeira, também é verificado um conseqüente aumento na geração de resíduos agroindustriais. A indústria de processamento de café produz uma grande quantidade de subprodutos, visto que de 30% a 50% do peso do fruto do café vira resíduo após o processamento (JANISSEN E HUYNH, 2018).

Com o aumento da produção de café, o descarte inadequado dos resíduos da atividade cafeeira os torna uma grande fonte de contaminação que provocam sérios problemas ambientais. Ademais, com aumento das preocupações com a quantidade de resíduos agroindustriais produzidos anualmente, diversas soluções de aproveitamento têm sido relatadas com aplicações em diferentes indústrias e campos, como alimentos, cosméticos, biocombustíveis e agricultura. A valorização desses subprodutos por meio de aplicações inovadoras e úteis é considerado essencial, pois aumenta a sustentabilidade do processo (CAMPOS et al., 2021).

2.3 ESTRUTURA DO GRÃO DE CAFÉ

O grão de café é constituído de casca e semente e sua estrutura pode ser dividida em: camada externa (epicarpo ou exocarpo), apresentando uma coloração avermelhada ou amarela, dependendo da sua variedade; polpa (mesocarpo), um subproduto obtido após a polpação de café que constitui tanto o exocarpo como parte do mesocarpo; mucilagem (mesocarpo); pergaminho (endocarpo) e a semente (endosperma) (HOSEINI et al., 2021; SANTOS et al., 2021). A Figura 3 mostra a estrutura esquemática do grão de café.

Figura 3: Estrutura esquemática do grão de café indicando as diferentes estruturas.

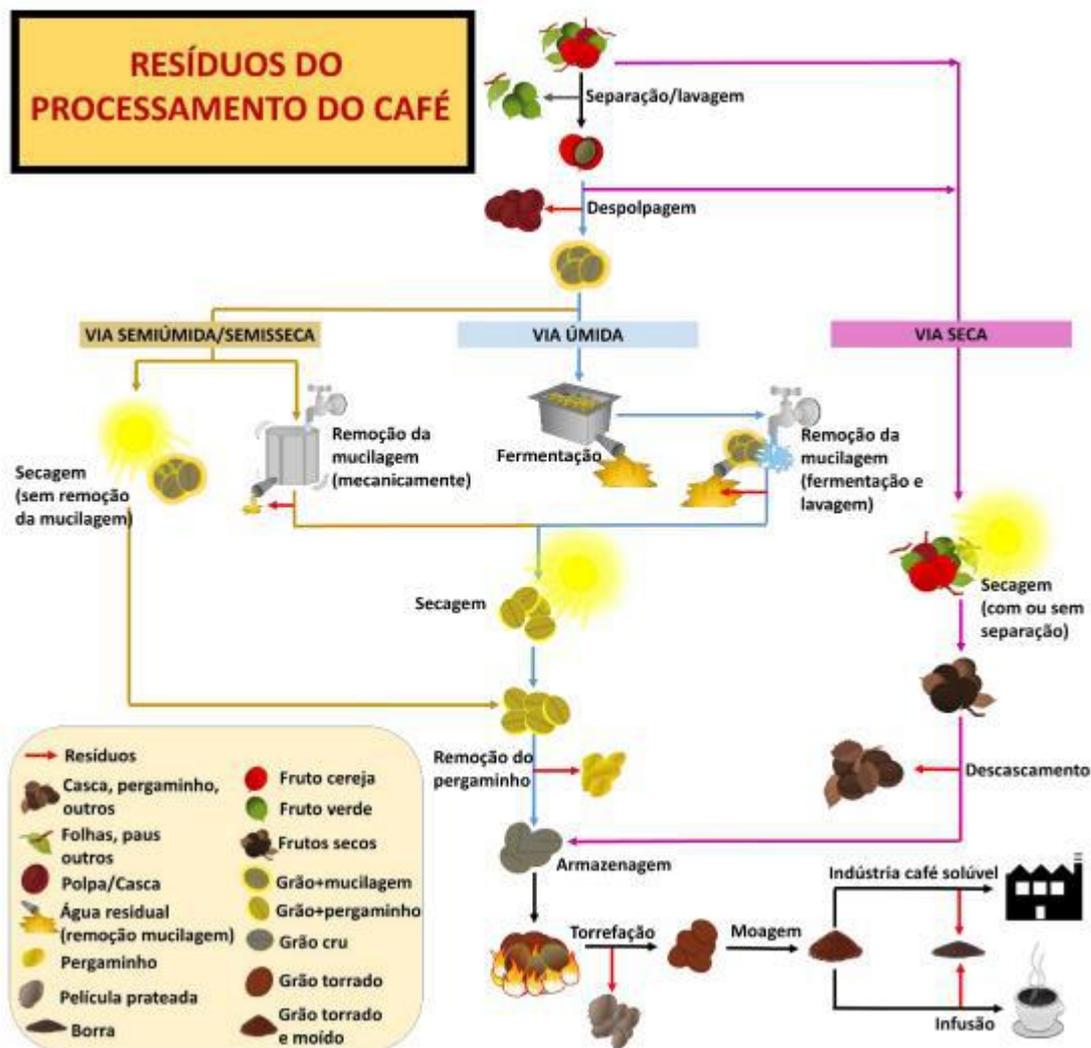


Fonte: Adaptado de HOSEINI et al. (2021).

2.4 TECNOLOGIAS DE PROCESSAMENTO DO CAFÉ

O processo produtivo do café se inicia no campo e passa por diferentes etapas até chegar ao consumidor final. Após a colheita, o café vai para as indústrias cafeeiras, onde os grãos passam por etapas de processamento conforme o produto final desejado, conforme demonstrado na Figura 4 (JANISSEN E HUYNH, 2018).

Figura 4 - Esquema ilustrativo das Tecnologias de processamento e os resíduos gerados.



Fonte: DÚRAN *et al.* (2017).

Os processos industriais aplicados ao fruto do café podem ser realizados por dois métodos principais, via seca e via úmida, além de um processo variante da via úmida, denominado via semiúmida ou semisseca. Os processos possuem diferenças entre as etapas e geram resíduos sólidos e líquidos que afetam o teor dos componentes químicos da semente crua e também influenciam na qualidade da bebida(DURÁN *et al.*, 2017).

A via seca é a mais simples e produz menos subprodutos sólidos e líquidos. Nesse processo, as cerejas são selecionadas, limpas e secas ao sol com viragem frequente para obter uma secagem homogênea. As camadas externas do fruto são

removidas por uma máquina de descascamento, e os grãos de café são torrados e ensacados(HOSEINI et al., 2021).

Na via úmida são utilizados mais equipamentos e água em relação ao método seco. Após a seleção e limpeza das cerejas, a polpa é separada por um equipamento despoldador, a mucilagem é degradada por fermentação natural e as sementes são torradas. Com esse método, a qualidade dos grãos é superior comparando com o método seco, devido a maior preservação dos grãos e menor número de sementes defeituosas (MURTHY; MADHAVA NAIDU, 2012; HOSEINI et al., 2021)

Já na via semiúmida ou semiseca, a primeira parte do processo se diferencia da via úmida, os frutos são separados e ocorre a remoção das cascas de forma mecânica e em contato direto com a água através de equipamentos de desintegração, podendo não ocorrer a remoção da mucilagem ou a remoção mecanicamente (DURÁN et al., 2017).

2.4.1 Resíduos da agroindústria do café

Todas as etapas do processamento do café, partindo da plantação até o pós-consumo, envolvendo a separação das sementes do café, torrefação, e fabricação de uma bebida, produzem resíduos. As quantidades dos resíduos produzidos por estes processos podem variar em função do grau de maturação dos frutos (quanto mais maduros, maior a quantidade de resíduos) e, também, da eficiência dos equipamentos utilizados(JANISSEN E HUYNH, 2018).

2.4.1.1 Casca de café

A casca de café (Figura 5) é o principal subproduto obtido pelo método seco e representa 12% em peso seco do grão, aproximadamente 0,18 toneladas de casca é produzida partindo de 1 tonelada dos frutos de café. As cascas são ricas em compostos orgânicos como taninos, ácido clorogênico e cafeína (MURTHY E NAIDU, 2012)c. A quantidade de componentes varia de acordo com cada espécie(HOSEINI et al., 2021).

Figura 5 - Casca de café



Fonte: MURTHY E NAIDU (2012).

2.4.1.2 Borra de Café

A borra (Figura 6) é subproduto da produção de café solúvel, fábricas de bebidas e até mesmo de consumo caseiro e de máquinas de café(HOSEINI et al., 2021). Em média 1 tonelada de café na preparação de café solúvel gera cerca de 650 kg de borra e apresenta em sua composição polissacarídeos, fibra dietética e lipídeos(DURÁN et al., 2017).

Figura 6 - Borra de café.



Fonte: MURTHY E NAIDU (2012).

2.4.1.3 Mucilagem

A mucilagem (Figura 7) é obtida através da via úmida e da via semiseca e semiúmida, e representa entre 22 - 31 % do fruto seco e 7% da polpa do café. É composto principalmente por água, proteína, açúcar, peptídeos e cinzas(DURÁN et al., 2017).

Figura 7 - Grão de café com mucilagem.



Fonte: DURÁN *et. al* (2017).

2.4.1.4 Polpa

A polpa de café (Figura 8) é o primeiro subproduto obtido no processamento do café e corresponde por 29% em peso do fruto, para cada 1 tonelada de café produzido 0,5 tonelada de polpa é obtida. A polpa é rica em carboidratos, proteínas e minerais (principalmente potássio), e também são encontradas quantidades de taninos, polifenóis e cafeína (MURTHY E MADHAVA NAIDU, 2012).

Figura 8 - Polpa de café.



Fonte: MURTHY E NAIDU (2012).

2.4.1.5 Película prateada

A película prateada ou pergaminho (Figura 9) é obtido como subproduto da torrefação. Os principais componentes encontrados são celulose, hemicelulose, alta porcentagem de fibra dietética, polifenóis e minerais como potássio, cálcio, magnésio, ferro, entre outros(MURTHY E MADHAVA NAIDU, 2012).

Figura 9 - Película prateada.



Fonte: MURTHY E NAIDU (2012).

2.5 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NA AGRICULTURA

O crescimento populacional, a migração para os grandes centros urbanos e as mudanças no estilo de consumo como resultado da Revolução Industrial do final do século XVIII, impulsionaram as buscas por diversas tecnologias em diferentes áreas, inclusive no setor agrícola, com a finalidade de ampliar a produtividade do campo, devido a menor disponibilidade de terras para cultivo e, também, pelos solos estarem cada vez menos férteis (MIRANDA, 2018).

Por muitos anos a utilização de produtos químicos era a única solução para fertilizar o solo e controlar doenças, pragas e plantas daninhas, porém, o uso desses produtos resulta em grandes prejuízos ambientais, sendo responsáveis pela poluição de recursos hídricos e contaminação dos solos, comprometendo sua fertilidade (LIMA et al., 2014).

Nesse contexto, ao longo dos anos, houve um aumento na conscientização da sociedade sobre a forma de produção agrícola. Assim, em meados do século XX, a agricultura orgânica expandiu-se pelo mundo, mudando o formato de consumo de alimentos e o manejo do solo, mostrando possibilidades de uma produção ecológica e tecnologicamente sustentável (MIRANDA, 2018).

A agricultura orgânica tem como objetivo produzir alimentos saudáveis, com características e sabores originais, visando às expectativas do consumidor e mantendo foco no meio ambiente e na saúde humana (OZILDO et al., 2011). O uso adequado de resíduos orgânicos em solo agrícola possui como vantagem o

fornecimento de nutrientes neles contidos, bem como os benefícios relacionados ao seu conteúdo orgânico, que pode manter ou elevar o teor de matéria orgânica do solo (BALEM; ALVES E SCHMELING, 2018).

Sobre a viabilidade do uso de resíduos na agricultura, vale ressaltar que esses resíduos devem gerar algum benefício agrônômico, seja como condicionadores de solo ou fertilizantes, comprovados por meio de testes de eficiência agrônômica. Além disso, devem ser avaliados a origem, a quantidade produzida, viabilidade econômica, entre outros fatores para o uso correto dos resíduos no solo agrícola (OZILDO et al., 2011)

Dentre os resíduos gerados nas atividades agrícolas que podem ser devolvidos aos processos produtivos que trazem benefícios agrônômicos, destacam-se os da produção e da industrialização do café (OZILDO et al., 2011). Alguns estudos mostraram que a casca de café é rica em inúmeros nutrientes como potássio e nitrogênio, essenciais para plantas e solos, mostrando a possibilidade de uso como adubo orgânico "*in natura*" ou após a compostagem (CAMPOS et al., 2021). Além disso, diversas pesquisas concluíram que o uso da borra de café em solos agrícolas possui benefícios agroecômicos, em termos de melhoria das propriedades física, química e biológicas do solo (CERVERA-MATA et al., 2021).

Também foi relatado que o uso da polpa e da mucilagem de café aumenta o teor de húmus, que fornece nutrientes para as plantas, regula as populações de microrganismos, além de melhorar a estrutura e a fertilidade do solo (CASTAÑO; JANNOURA E JOERGENSEN, 2019).

Portanto, com o crescimento populacional mundial, o conseqüente aumento pela demanda por alimentos e o aumento da conscientização dos benefícios dos produtos orgânicos, torna-se necessário o aumento da produtividade agrícola por meio de manejo sustentável, visando a melhoria da fertilidade do solo e sempre alinhando a proteção ambiental e a rentabilidade. Assim, os resíduos de café despertam grande interesse devido às grandes quantidades produzidas e também à suas composições que podem contribuir positivamente na agricultura (OZILDO et al., 2011).

2.5.1 Tecnologias utilizadas nos resíduos de café para aplicação na produção agrícola

2.5.1.1 Secagem

A tecnologia de secagem é realizada nos resíduos de café para a aplicação no setor agrícola devido ao teor de umidade elevado encontrado na matéria orgânica, cerca de 50 a 85%, conforme a via de processamento aplicada. É um método considerado simples e de baixo custo, podendo ser realizado em secadores mecânicos ou em temperatura ambiente (EFTHYMIOPOULOS et al., 2019).

2.5.1.2 Compostagem

A compostagem é um processo natural de decomposição da matéria orgânica de origem animal ou vegetal. O processo quando realizado em meio sólido pode ocorrer de duas maneiras, aeróbio (com presença de oxigênio) e anaeróbio (na ausência de oxigênio), ocorrendo reações bioquímicas realizadas por diferentes grupos de microrganismos (MEIRELLES et al., 2006).

Quase todos os materiais de origem animal e vegetal podem ser utilizados para a compostagem, incluindo resíduos agroindustriais como os do processo cafeeiro. Nesse processo procura-se reproduzir algumas condições ideais (de umidade, temperatura, oxigênio e de nutrientes) para acelerar a degradação dos resíduos, levando à estabilização da matéria orgânica mais rapidamente. Assim, são gerados importantes componentes para o solo, como:

1. Minerais - Nutrientes para raízes das plantas;
2. Húmus - Condicionador e melhorador das propriedades físicas (textura, estrutura, densidade, porosidade, permeabilidade, fluxo de água, ar e calor), as propriedades químicas (pH, capacidade de troca iônica e condutividade elétrica) e biológicas do solo (MEIRELLES et al., 2006).

As propriedades físicas são responsáveis pelos mecanismos de diminuição física de poluentes, como filtração e lixiviação, permitindo ainda condições para que os processos de atenuação química e biológica possam ocorrer. Já as propriedades químicas dos solos junto com as propriedades biológicas são responsáveis pelos principais mecanismos de redução de poluentes no solo (CETESB, 2022).

A compostagem é uma alternativa ambientalmente correta quanto à destinação dos resíduos orgânicos, que pode ser realizada tanto em escalas pequena (doméstica), quanto média (comunitária/institucional) ou grande (municipal/industrial). Suas principais vantagens incluem o fornecimento de nutrientes às plantações, ser uma tecnologia de baixo custo, redução da destinação de resíduos para aterros sanitários e a geração de um novo nicho de mercado, como coleta de resíduo orgânico, transporte, processo de compostagem e comercialização de composto (PIRES; FERRÃO, 2017).

2.5.1.3 Pirólise

A pirólise consiste na degradação térmica (com temperaturas acima de 400°C) da matéria orgânica, na ausência parcial ou total de agente oxidante. Nesse processo a biomassa é convertida em três produtos: gasosos (biogás), líquidos (bio-óleo) e sólidos (*biochar*). As proporções relativas de cada produto obtido dependem do tipo de pirólise usada, podendo ser a “Flash”, intermediária ou a lenta, além dos seus parâmetros e das características da biomassa usada (PEREIRA et al., 2016). O Quadro 4 mostra as diferenças entre cada tipo de processo, suas condições e rendimentos.

Quadro 4 - Rendimentos dos produtos segundo diferentes condições de pirólise.

Tipo	Condições	Líquido	Biochar	Gases
Pirólise “Flash”	Temperatura moderada ~ 500 °C, curto tempo de residência do vapor de ~ 1 s.	75%	12%	13%
Pirólise Intermediária	Temperatura moderada ~ 500 °C, tempo de residência do vapor de 10 – 20 s.	50%	20%	30%
Pirólise Lenta (carbonização)	Baixa temperatura ~400 °C, muito longo tempo de residência do sólido.	30%	35%	35%

Fonte: NÓBREGA (2011).

2.6 APLICAÇÕES DOS RESÍDUOS DE CAFÉ NO SETOR AGRÍCOLA

2.6.1 Condicionador de solo

Condicionadores são produtos que promovem a melhoria das propriedades físicas, químicas ou da atividade biológica do solo (EMBRAPA, 2021). Eles são utilizados para a recuperação e melhoria das características do solo, que geralmente

sofrem com a degradação devido à erosão, salinização, poluição química, entre outros (CPT, 2021).

Diferentes estudos relataram que a composição da borra de café possibilita o seu uso como condicionador de solo, uma vez que modificam as propriedades físicas, como hidrofobicidade e químicas do solo (CERVERA-MATA et al., 2021). Outros demonstraram que a polpa de café possui um alto conteúdo de matéria orgânica, aumentando o teor de nutrientes no solo e a disponibilidade de alguns elementos já existentes (VEGRO E CARVALHO, 2003). Portanto, uso dos resíduos de café como corretivo de solo pode ser considerado como uma solução para os problemas ambientais atuais, uma vez que o uso da borra de café aumenta a fertilidade do solo, diminui a contaminação por metais pesados e melhora a qualidade dos alimentos (CERVERA-MATA et al., 2019b)

2.6.2 Fertilizante

Os fertilizantes são definidos como substâncias minerais ou orgânicas fornecedoras de um ou mais nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, podendo ser naturais ou sintéticos (NPK, entre outros) (MAPA, 2020). Eles são definidos como naturais ou orgânicos conforme sua composição. Os fertilizantes orgânicos são derivados de resíduos orgânicos ou subprodutos de organismos vivos e possuem principalmente carbono na sua composição (SILVA, 2019).

Os minerais fornecem ao solo elementos como macronutrientes e, em menores concentrações, os micronutrientes. Os fertilizantes são usados para aumentar a produtividade agrícola, podendo ser aplicados diretamente no solo, quando estes estão no estado sólido, ou por meio de irrigação foliar, quando são líquidos, com sais hidrossolúveis ou adjuvantes (SILVA, 2019).

Com base nas diferentes fontes de nutrientes e formas de aplicações dos fertilizantes comercializados atualmente, é necessário ter conhecimento da situação do solo e da sua plantação para o uso correto de cada variedade (CONAMA, 2009). A Figura 10 apresenta a classificação dos fertilizantes comercializados.

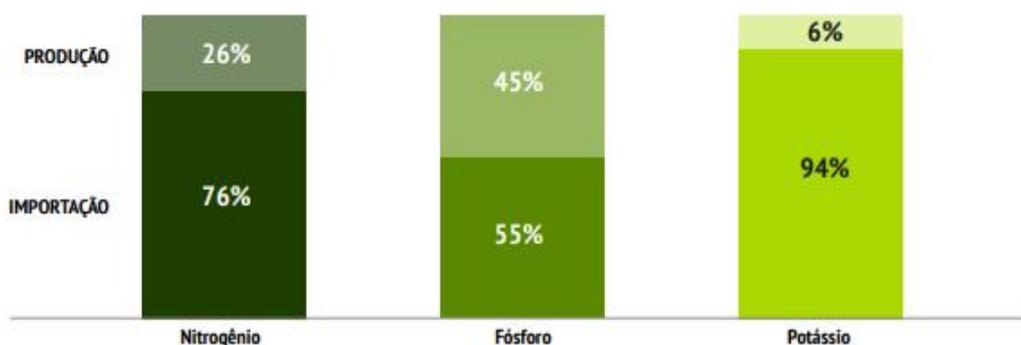
Figura 10 - Organograma da classificação dos fertilizantes.



Fonte: SILVA (2019).

Atualmente, o Brasil é responsável por cerca de 8% do consumo global de fertilizantes. O principal nutriente aplicado é o potássio (38%), seguido do fósforo (33%) e nitrogênio (29%). O crescimento da demanda brasileira superou a taxa de crescimento mundial, com isso, o país deixou de ser exportador de fertilizantes para ser importador entre os anos de 1992 e 2020, sendo mais de 80% dos fertilizantes consumidos internamente de origem estrangeira, de forma que a produção nacional corresponde por menos de 20% da demanda do país (MAPA, 2020). Na Figura 11 são apresentadas as porcentagens de dependência externa dos principais tipos de fertilizante (N, P e K).

Figura 11 - Gráficos de dependência externa por fertilizantes.



Fonte: MAPA (2020).

Alguns autores relataram que o uso da mucilagem de café é grande fonte de nutrientes, especialmente potássio, podendo ser utilizado como fertilizante orgânico (CASTAÑO; JANNOURA E JOERGENSEN, 2019). Diante disso, a produção de fertilizante orgânico, a partir de resíduos agroindustriais pode ser uma alternativa, considerando suas vantagens em relação aos fertilizantes artificiais como: menor poluição ambiental, baixo custo e aumento da produtividade do solo a longo prazo (EMBRAPA, 2021).

2.6.3 Composto orgânico

O composto orgânico, que é o produto final da compostagem, pode ser aplicado no solo para melhorar suas propriedades, sem riscos ambientais. É utilizado essencialmente em solos pobres em matéria orgânica, como exemplo, os solos argilosos e arenosos. Além disso, pode ser utilizado na agricultura em geral, como hortas, jardins e pomares. Sua aplicação deve ser sobre o solo antes ou depois do plantio das sementes (MEIRELLES et al., 2006).

Esse produto é rico em nutrientes minerais tais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, que são denominados macronutrientes por serem assimilados em maior quantidade pelas raízes das plantas. No composto orgânico também pode ser encontrado ferro, zinco, cobre, manganês, boro, que são denominados micronutrientes e são absorvidos em quantidades menores (MEIRELLES et al., 2006).

Uma vantagem do uso de compostos de origem orgânica é a liberação lenta de nutrientes para o solo, diferente do que ocorre com adubos sintéticos, que são muito solúveis e, em grande parte, são solubilizados rapidamente e arrastados por águas de irrigação. Assim, as plantas podem absorver os nutrientes que necessitam ao longo de um tempo maior e de uma forma mais eficiente (PIRES E FERRÃO, 2017).

No Brasil, existem marcos regulatórios que visam as questões ambientais do setor de compostagem, principalmente para resíduos orgânicos industriais e urbanos. Estados como São Paulo, Paraná e Minas Gerais têm descrito os procedimentos para implantar Unidades de Compostagem para produzir compostos orgânicos. Ainda, recentemente, o CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente publicou uma resolução (nº 481) em que normaliza, em âmbito nacional, os

procedimentos mínimos de proteção ao meio ambiente no processo de compostagem (CONAMA, 2017).

Estudos recentes apresentaram que a compostagem contendo casca e polpa de café, podendo ser sozinhos ou em mistura com outras matérias orgânicas, produz um composto estável, se mostrando uma boa alternativa para finalidades agrícolas (DADI et al., 2019). Já a película de prata pode ser misturada com esterco, resultando após a compostagem, em um composto para uso como adubo (VEGRO E CARVALHO, 2003)

2.6.4 Biochar

Biochar é a fração sólida resultante do processo de pirólise de materiais orgânicos, sua qualidade depende do tipo de matéria-prima e da temperatura utilizada no processo (HOSEINI et al., 2021). Durante a pirólise, a maioria dos micronutrientes (Ca, Mg, K e P) e cerca de metade de N e S estão concentrados na fração do *biochar*, possibilitando seu uso como condicionador de solo e fertilizante de liberação lenta (MILIAN-LUPERÓN et al., 2020)

Quando adicionado ao solo, o *biochar* possui a capacidade de melhorar a disponibilidade de nutrientes e as suas propriedades físico-químicas, devido à natureza estável do carbono orgânico, que não sofre com a degradação ou com a mineralização, aumentando a fertilidade e rendimento das colheitas (RONGA et al., 2020).

Atualmente, o *biochar* vem ganhando cada vez mais reconhecimento como uma alternativa eficiente para a incorporação de nutrientes ao solo. No Brasil, há uma expectativa quanto ao desenvolvimento desta tecnologia devido as suas vantagens de não só atuar de forma eficiente como condicionador de solo e fertilizante, como também por ser uma alternativa para a solução de acúmulos de resíduos orgânicos agroindustriais. Além disso, o biocarvão contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, atuando como sequestrador de carbono no solo (EMBRAPA, 2015).

Desse modo, pesquisas utilizando borra de café para produção de *biochar* foram verificadas, visando na avaliação de características das propriedades físico-químicas deste resíduo com finalidade de identificar uma maneira eficaz de produzir

biochar a partir desse resíduo para ser utilizado como corretivo de solo (TANGMANKONGWORAKOON, 2019)

2.6.5 Fungicultura

Os cogumelos são considerados de grande importância devido ao seu valor nutricional, sendo fonte de proteínas, carboidratos, vitaminas, minerais, além das suas qualidades gastronômicas e aplicações medicinais, pois apresentam atividade antioxidante, anti-inflamatória e antibiótica (MURTHY E MADHAVA NAIDU, 2012)..

Esses produtos costumam ser cultivados em diversos tipos de resíduos agroindustriais contendo lignocelulose, como palha de trigo, palha de soja e espigas de milho (MACHADO, 2019). Alguns estudos já mostram a viabilidade do uso de casca e borra de café como substratos sem pré-tratamento para cultivo de fungos comestíveis (MURTHY E MADHAVA NAIDU, 2012). Também foi relatado o uso da mucilagem como meio de cultura de fungos (VEGRO E CARVALHO, 2003).

No Brasil, a produção de cogumelos está em fase de expansão. O consumo “per capita” no país é de 288g/ano, com perspectivas de aumento (EMBRAPA, 2019). A produção nacional de cogumelos ainda é reduzida por conta do alto custo de implementação e manutenção das cadeias de cultivo de fungos. Desse modo, o desenvolvimento de novas técnicas de produção que sejam mais acessíveis é uma forma de viabilizar e popularizar o consumo de cogumelos, podendo ser considerado como uma alternativa o uso de resíduos da indústria cafeeira nesse processo (MACHADO, 2019).

2.6.6 Biocontrole

Os pesticidas são aplicações químicas normalmente usadas na agricultura com finalidade de eliminar agentes indesejados como ervas daninhas, fungos e insetos que podem prejudicar as plantações. Eles são utilizados principalmente por serem altamente eficientes, terem custo relativamente baixo e serem de fácil aplicação. No entanto, o uso excessivo desses pesticidas pode resultar em problemas ambientais, como a contaminação do solo, águas, ar e alimentos, além de efeitos diversos em organismos que não são alvos desejáveis (BERNARDINO, 2019).

Alguns solos apresentam o fenômeno, que é denominado supressividade, de prevenir naturalmente o estabelecimento de patógenos ou de inibir suas atividades patogênicas, caracterizando-os como solos supressivos. Assim, alguns solos possuem a capacidade de suprimir patógenos (BETTIOL E GHINI, 2005).

Alguns materiais orgânicos possuem potencial de afetar a supressividade de doenças nos solos e, também, possuem atividade pesticida. Um estudo de Chilosi (2020), concluiu que o uso de borra de café pode ser vantajoso, empregando-o como componente na fase de germinação e desenvolvimento das plantas, explorando sua capacidade de supressividade. No entanto, ainda existem poucos estudos sobre o uso de resíduos de café para estas finalidades

Portanto, mais estudos são necessários para investigar a atuação dos subprodutos da indústria de café como potenciais substituintes de substâncias químicas aplicadas ao solo para biocontrole (CHILOSI et al., 2020).

3 PROSPECÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Os Estudos de Prospecção Tecnológica, também chamados de estudos de futuro, ou *forecast(ing)*, *foresight(ing)* ou *future studies*, fornecem as principais tendências de um contexto mundial, sendo também possível segmentar as tecnologias por setor da economia. Esses estudos auxiliam na identificação de tecnologias promissoras, que podem ser úteis para empresas, instituições, países, assim como podem indicar possibilidades de parcerias (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016).

Para Coelho (2003), o termo de prospecção tecnológica é usado para referenciar a atividades de prospecção focadas para as mudanças tecnológicas e significado de uma determinada inovação. Já para Amparo *et al.* (2012) os estudos de prospecção tecnológica são essenciais, sendo aplicadas como ferramenta básica para orientar o desenvolvimento de novas tecnologias.

Os estudos prospectivos são uma ferramenta essencial no processo de tomada de decisão para empresas e projetos, em que visa delinear e testar tendências possíveis que permitam melhores escolhas no futuro, como melhores decisões de recursos financeiros e de políticas públicas (MAYERHOFF, 2008).

Em relação as informações científicas e tecnológicas, pode ser destacado o uso de artigos de artigos científicos, que possui informações de importância tecnológica resultantes do meio científico, encontrados por meio de bases de dados como *Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct*, e o uso de patentes, para avaliar o desenvolvimento tecnológico de sobre uma determinada tecnologia, encontradas em bases como *Lens*, *Espacenet*, *USPTO* e o INPI do Brasil (BORSCHIVER; DA SILVA, 2017).

A análise dos dados coletados é uma fase importante para avaliar sua relevância. A agregação de valor da informação é a principal característica dos serviços de informação. Portanto, a prospecção tecnológica por meio da gestão de informação, em que são utilizadas diferentes fontes, como artigos e patentes, são úteis para compreender o estado da arte do setor, com finalidade de gerar informações sobre sua trajetória passada, presente e tendências futuras de mercado (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016).

A literatura cita uma variedade de métodos de prospecção. No presente estudo, serão exploradas suas abordagens prospectivas como análise quantitativa e qualitativa de artigos científicos, também conhecido como bibliometria e de patentes ou patentometria (BORSCHIVER; DA SILVA, 2017).

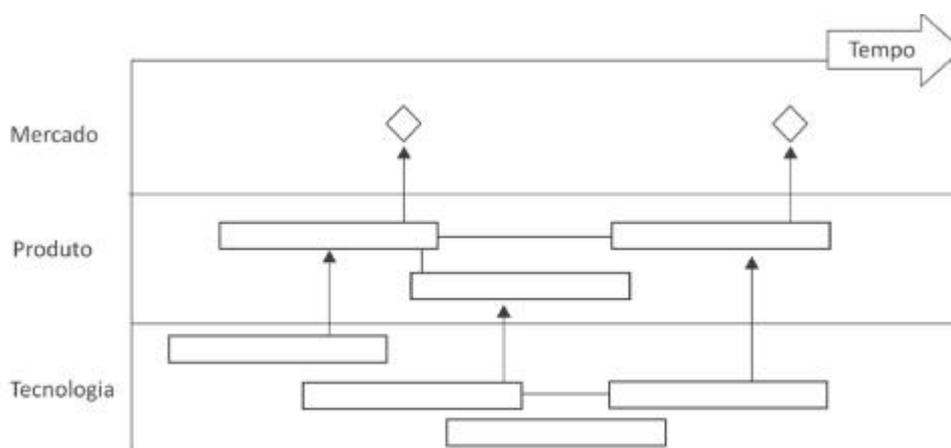
3.1 Roadmap Tecnológico

Dentro da perspectiva de prospecção tecnológica, a ferramenta de *roadmap* tecnológico possui destaque pelo seu desempenho em relação a abrangência e versatilidade, pois viabiliza o monitoramento concorrentes ao longo do tempo, estuda as trajetórias tecnológicas, estabelece tendencias de mercado, identifica o perfil das empresas e a oportunidade de novos negócios (BORSCHIVER; DA SILVA, 2017).

O *roadmap* representa planos científicos e tecnológicos em forma de mapa e possibilita a representação visual de estratégias a serem estudadas e tomadas contribuindo o desenvolvimento e implementação de planos estratégicos integrados de negócios, produto e tecnologia (PROBERT; FARRUKH E PHAAL, 2003).

Há diferentes formas de apresentação do mapa, no entanto, a representação mais como é a do *roadmap* genérico, mostrado na Figura 12, que corresponde a uma representação gráfica em camadas, fazendo uma análise entre tecnologia e produtos com as oportunidades de mercado, baseado no tempo (BORSCHIVER; DA SILVA, 2017).

Figura 12: Forma genérica do *roadmap* tecnológico



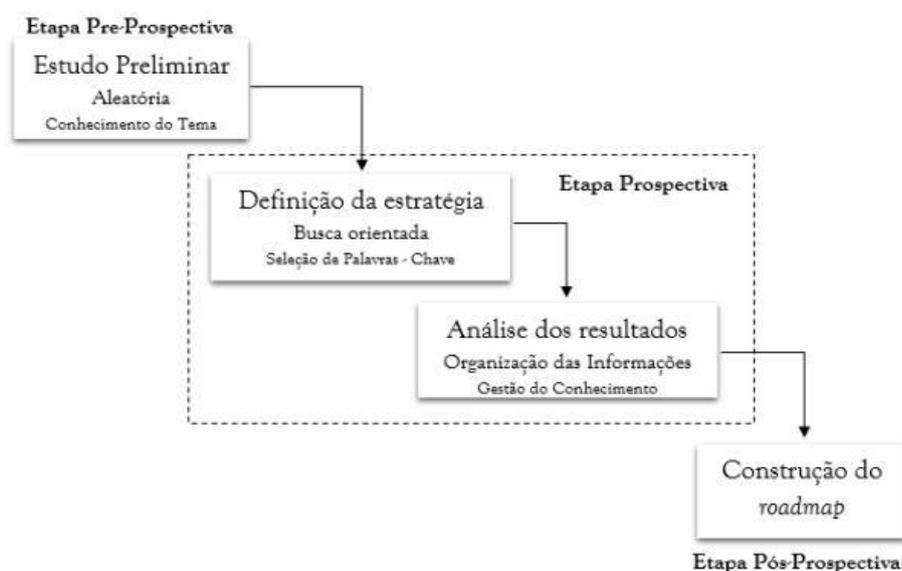
Fonte: BORSCHIVER E SILVA (2017).

O item a seguir mostra a tecnologia empregada no presente trabalho sobre o aproveitamento dos resíduos de café no setor agrícola. O produto final, o *roadmap* tecnológico, apresenta os resultados em forma de análise temporal, relacionando os principais fatores referentes a mercado, produto e tecnologia.

4 METODOLOGIA

A metodologia escolhida para este trabalho foi adaptada de Borschiver e Lemos (2016). A partir do tema definido, a pesquisa para a elaboração do *Roadmap* Tecnológico foi estruturada em três etapas: pré-prospectiva, prospectiva e pós-prospectiva, que inclui a construção do mapa tecnológico, como demonstrado na Figura 13.

Figura 13 - Metodologia para construção do *Roadmap* Tecnológico.



Fonte: BORSCHIVER E DA SILVA (2016).

4.1 ETAPA PRÉ-PROSPECTIVA

A Etapa Pré-prospectiva foi baseada no levantamento de informações acerca do assunto de interesse, em que artigos científicos, documentos técnicos (patentes), periódicos e sites de empresas foram utilizados para se obter maior compreensão do tema de estudo e, então, delinear os principais conceitos referentes ao trabalho proposto, além de embasar as estratégias de buscas que foram aplicadas nas etapas posteriores.

4.2 ETAPA PROSPECTIVA

A Etapa Prospectiva foi baseada na leitura e análise de documentos, como artigos científicos e patentes, selecionados em diferentes bases de dados, sendo

composta por duas partes: definição da estratégia de busca e análise de resultados. Na definição da estratégia de busca, palavras-chave específicas para um levantamento mais direcionado foram definidas. Em seguida, uma análise mais detalhada dos documentos foi realizada.

A base de dados utilizada para a busca de artigos científicos foi a “*Web of Science*” (WoS), mantida pela Clarivate™ Corporation, uma base de dados de citações bibliográficas para indexação científica, abrangendo mais de 34.000 periódicos de diferentes áreas de conhecimento. Esta base de dados foi selecionada devido a sua grande quantidade de documentos e a alta relevância dos artigos baseado no fator de impacto e outras métricas, de acordo com o índice da “*Journal Citation Reports*” (JCR), sendo, portanto, uma fonte de alta credibilidade (CLARIVATE, 2020).

Uma das bases de dados utilizadas para a busca de patentes foi o “*Lens*”. Esta base foi lançada nos anos 2000, na Austrália, em parceria entre a Cambia, uma organização não governamental e a *Queensland University of Technology* e possui uma cobertura de mais de 95 diferentes jurisdições em um universo de mais de 100 milhões de patentes. Seus dados são procedentes do Escritório Europeu de Patentes, do Escritório Americano de Patentes, do Escritório Australiano de Patentes, com informações a partir de 1907, possuindo uma ampla abrangência e viabilizando uma grande diversidade de resultados. Além disso, possui uma ferramenta de análise estatística de dados de patentes, que o classifica como um dos sistemas mais completos para análises rápidas (PIRES; RIBEIRO E QUINTELLA, 2020).

Para complementar a pesquisa, a busca de patentes também foi realizada na base de dados USPTO (United States Patent and Trademark Office), no qual é possível pesquisar pedidos de patente e também patentes concedidas nos Estados Unidos e no escritório brasileiro de patentes, o Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, que permite o acesso a documentos de patentes no Brasil.

4.2.1 Definição da estratégia de busca

4.2.1.1 Artigos científicos

A estratégia de busca de artigos científicos foi baseada no uso de palavras-chave, definidas a partir da seleção de documentos científicos considerados relevantes ao tema de estudo. Como complemento, foram realizados cruzamentos entre essas palavras, por meio da combinação de operadores Booleanos (*AND* e *OR*), e adaptações de termos, por meio do uso de caracteres coringas (*), para uma busca mais refinada.

As palavras-chave foram agrupadas em duas categorias, de acordo com as seguintes temáticas: controle biológico e melhoramento de solo e plantações (Quadro 5). A busca foi realizada para os campos de título e resumo, no período de 1980 a 30 de julho de 2021.

Quadro 5 - Estratégias de busca de artigos científicos conforme temas de interesse envolvendo a reutilização do resíduo do beneficiamento do café no Setor Agrícola.

Nº da busca	Palavras-chave + Booleanos	Tema
1	<i>(spent coffee OR coffee residue OR waste coffee OR coffee residual OR coffee husks OR coffee pulp OR coffee mucilage) AND (control*)</i>	Controle biológico
2	<i>(spent coffee OR coffee residue OR waste coffee OR coffee residual OR coffee husks OR coffee pulp OR coffee mucilage) AND (fertiliz* OR soil OR composting OR biochar OR cultivation)</i>	Melhoramento de solo e plantações

Fonte: Elaboração própria.

Após a pesquisa, foram estabelecidos critérios para seleção e corte dos artigos irrelevantes para o escopo do trabalho, sendo desconsiderados os documentos que não havia correlação direta com o tema, assim como os repetidos.

4.2.1.2 Patentes

A mesma estratégia de busca de artigos científicos foi utilizada para patentes, conforme apresentado no Quadro 5, para o período de 1980 a 30 de julho de 2021. Os critérios de busca de patentes levaram em consideração, além dos campos de título e resumo, as reivindicações e exemplos de experimentos (aplicações)

relatados nos documentos de patentes, a fim de se selecionar os estudos mais relevantes ao Setor Agrícola. A classificação de patentes por famílias foi aplicada, de modo a evitar a repetição de informações, garantindo, assim, a não-duplicidade de documentos.

As patentes foram, ainda, classificadas em patentes solicitadas (patentes que tiveram seu pedido de depósito realizado) e patentes concedidas (patentes depositadas que já apresentavam a concessão aos seus depositantes). Independentemente do tipo de patentes, os documentos considerados não-relevantes foram desconsiderados.

4.2.2 Análise dos resultados

Após seleção dos artigos científicos e patentes considerados relevantes, suas principais informações foram organizadas segundo três níveis de detalhamento (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016):

1) Nível Macro: informações gerais, como ano de publicação, país ou escritório de patentes, e natureza das instituições dos autores dos estudos (empresas, universidades, centros de pesquisa, autores independentes);

2) Nível Meso: informações específicas, extraídas da leitura e análise de resumos e reivindicações, a partir das quais diferentes taxonomias (*drivers*) foram propostas;

3) Nível Micro: informações com maior nível de detalhamento, usadas para descrever melhor cada taxonomia proposta a nível Meso. Vale ressaltar que um quarto nível Micro, chamado de Micro II, pode ser definido, caso seja necessária uma melhor compreensão da taxonomia Micro, então classificada como Micro I.

4.3 ETAPA PÓS-PROSPECTIVA

A etapa Pós-prospectiva consiste na apresentação das informações e análises realizadas nas etapas anteriores. A exposição das informações pode ser realizada de diferentes formas, sendo o *roadmap* tecnológico um exemplo de destaque. Por meio desse mapa, é possível identificar os principais *players* (atores do processo) e as principais tendências técnico-científicas ao longo do tempo (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016).

O *roadmap* tecnológico é formado por dois eixos: um vertical (taxonomias propostas); e um horizontal (faixa temporal) (Figura 14). Neste estudo, a divisão temporal do eixo horizontal foi baseada na metodologia do Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos (NEITEC), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em que cada período é representado por um tipo de documento prospectado: Estágio Atual (relatórios mercadológicos e *websites* das instituições), Curto Prazo (patentes concedidas), Médio Prazo (patentes depositadas), e Longo Prazo (artigos e demais produções científicas) (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016).

Figura 14 - Exemplo de disposição de taxonomias e evolução temporal.

TAXONOMIA			ESTÁGIO ATUAL	CURTO PRAZO	MÉDIO PRAZO	LONGO PRAZO
MESO	MICRO I	MICRO II	TECNOLOGIAS, AÇÕES, ATORES E PARCERIAS COM MOVIMENTOS ATUAIS .	TECNOLOGIAS EM UM GRAU AVANÇADO DE DESENVOLVIMENTO.	TECNOLOGIAS EM UM GRAU INTERMEDIÁRIO DE DESENVOLVIMENTO.	TECNOLOGIAS EM UM GRAU INICIAL DE DESENVOLVIMENTO.

Fonte: Elaboração própria.

Ao longo de cada estágio temporal, os *players* foram distribuídos de acordo com a sua taxonomia de maior destaque. No Estágio Atual, foram considerados os *players* que já atuam no desenvolvimento de tecnologias de aproveitamento de resíduos do beneficiamento de café no Setor Agrícola. Foram avaliados relatórios mercadológicos relacionados a temática e *websites* de empresas. Também foram consideradas as empresas e universidades que apareceram no levantamento de artigos e patentes que apresentavam iniciativas atuais, reportadas em seus *websites* (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016).

No Curto Prazo, foram considerados os *players* que obtiveram concessão de patentes, demonstrando um grau avançado do desenvolvimento da tecnologia relacionada ao tema proposto. Neste Estágio, foram classificadas as empresas e universidades detentoras das patentes concedidas (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016).

No Médio Prazo, foram considerados os *players* que apresentaram depósito de patentes, reivindicando uma propriedade intelectual. Neste caso, a tecnologia

está em fase de implementação industrial, porém ainda não disponível para o mercado consumidor. Para este Estágio, foram utilizadas as empresas e universidades que apareceram com pedido de patentes (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016).

No Longo Prazo, os *players* foram selecionados dos artigos científicos que apresentaram foco em estudos relacionados ao desenvolvimento de tecnologias de aproveitamento de resíduos do beneficiamento de café no Setor Agrícola. Essas tecnologias se encontram na fase de desenvolvimento e podem ser ou não utilizadas em algum produto no futuro. Neste Estágio, foram consideradas empresas e universidades identificadas no levantamento dos artigos científicos (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016).

No mapa tecnológico, os *players* foram representados por suas logomarcas organizacionais e suas classificações por setas, que indicam o foco de cada estudo prospectado e selecionado como relevante. Um mesmo *player* pode aparecer em um ou mais estágios temporais, de forma independente ou agrupada (*clusters*). Na ocorrência de grupos, dois tipos de *clusters* podem ser observados: *partnerships*, quando há parceria entre duas ou mais organizações; e *same business*, quando instituições diferentes apresentam mesmo foco de trabalho dentro de um mesmo estágio temporal, embora não apresentem parceria tecnológica direta (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise dos artigos científicos

A partir da busca orientada de artigos científicos, foram obtidos 128 documentos, que foram analisados de acordo com cada um dos temas pré-estabelecidos, relacionados ao aproveitamento dos resíduos de café no Setor Agrícola. O Quadro 6 apresenta as combinações das palavras-chaves usadas, a quantidade total de documentos obtidos e o número de documentos relevantes para este estudo.

Quadro 6 - Estratégia de busca de artigos científicos e palavras-chaves utilizadas na base de dados Web of Science – período de 1980 a julho de 2021.

Palavra- chave	Título e resumo	Documentos relevantes
<i>(spent coffee OR coffee residue OR waste coffee OR coffee residual OR coffee husks OR coffee pulp OR coffee mucilage) AND (control*)</i>	14	4
<i>(spent coffee OR coffee residue OR waste coffee OR coffee residual OR coffee husks OR coffee pulp OR coffee mucilage) AND (fertiliz*)</i>	11	8
<i>(spent coffee OR coffee residue OR waste coffee OR coffee residual OR coffee husks OR coffee pulp OR coffee mucilage) AND (soil)</i>	39	19
<i>(spent coffee OR coffee residue OR waste coffee OR coffee residual OR coffee husks OR coffee pulp OR coffee mucilage) AND (compost*)</i>	29	16
<i>(spent coffee OR coffee residue OR waste coffee OR coffee residual OR coffee husks OR coffee pulp OR coffee mucilage) AND (biochar)</i>	26	7
<i>(spent coffee OR coffee residue OR waste coffee OR coffee residual OR coffee husks OR coffee pulp OR coffee mucilage) AND (cultivation)</i>	9	6
TOTAL	128	60

Fonte: Elaboração própria.

É possível observar que 60 documentos foram considerados relevantes para o mapeamento, estando de acordo com o escopo e objetivos deste estudo. Já os 68 documentos restantes não apresentaram relevância ao tema proposto e, portanto, foram desconsiderados.

Em relação aos artigos considerados como relevantes, pode-se mencionar o *“Assessment of Effectiveness of Organo-Mineral Fertilizer Made of Coffee Spent Grounds and Biomass Ash”*, onde os autores utilizaram a combinação de borra de café e cinzas para produzir fertilizantes (CIESIELCZUK et al., 2019).

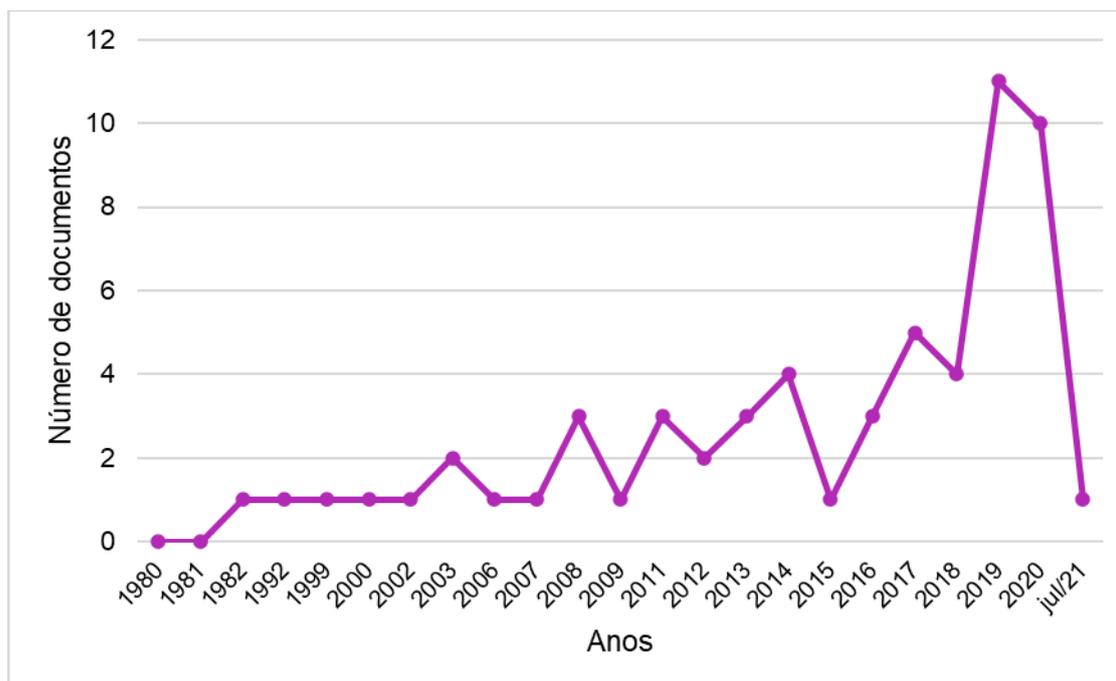
Dentre os artigos descartados, pode-se exemplificar os que mencionavam o uso de outros tipos de resíduos (agroindustriais, beneficiamento de granito) como fertilizantes para plantações de café, como por exemplo o artigo intitulado *“Granite processing waste as an alternative fertilizer for the coffee crop”* que teve por objetivo avaliar o efeito do resíduo do beneficiamento de granito sobre as características químicas do solo, absorção de macro, micronutrientes e metais pesados e avaliar o desenvolvimento do café conilon, utilizando amostras de um mesmo solo e duas doses de calcário (GUARÇONI E FANTON, 2011)

Além disso, foram descartados documentos que citavam o uso de *biochar* de resíduo de café para atuar como adsorventes, como exemplo, o artigo *“Biochar of Spent Coffee Grounds as Per Se and Impregnated with TiO₂: Promising Waste-Derived Adsorbents for Balofloxacin”* (EL-AZAZY; EL-SHAFIE E MORSY, 2021).

5.1.1 Análise Macro

A Figura 15 apresenta o gráfico da série histórica dos 60 documentos selecionados a partir das estratégias de busca.

Figura 15 - Evolução temporal do número de artigos científicos publicados sobre o aproveitamento dos resíduos de café pelo setor agrícola- período de 1980 a Jul/2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Web of Science* (2021).

É possível observar, pela análise da Figura 15 um maior interesse em publicações relacionados ao tema a partir dos anos 2000, apresentando uma média de 2 artigos até o ano de 2015. A partir de 2016 o número total de trabalhos publicados aumentou significativamente, para este ano foram verificados 3 artigos. Ainda foi observado um pico no gráfico para os anos 2019 e 2020, com 11 e 10 artigos, respectivamente. Em 2021, foi encontrado somente 1 artigo, devido à busca ter sido realizada até o dia 30 de julho. Portanto, o resultado para esse ano foi considerado inconclusivo.

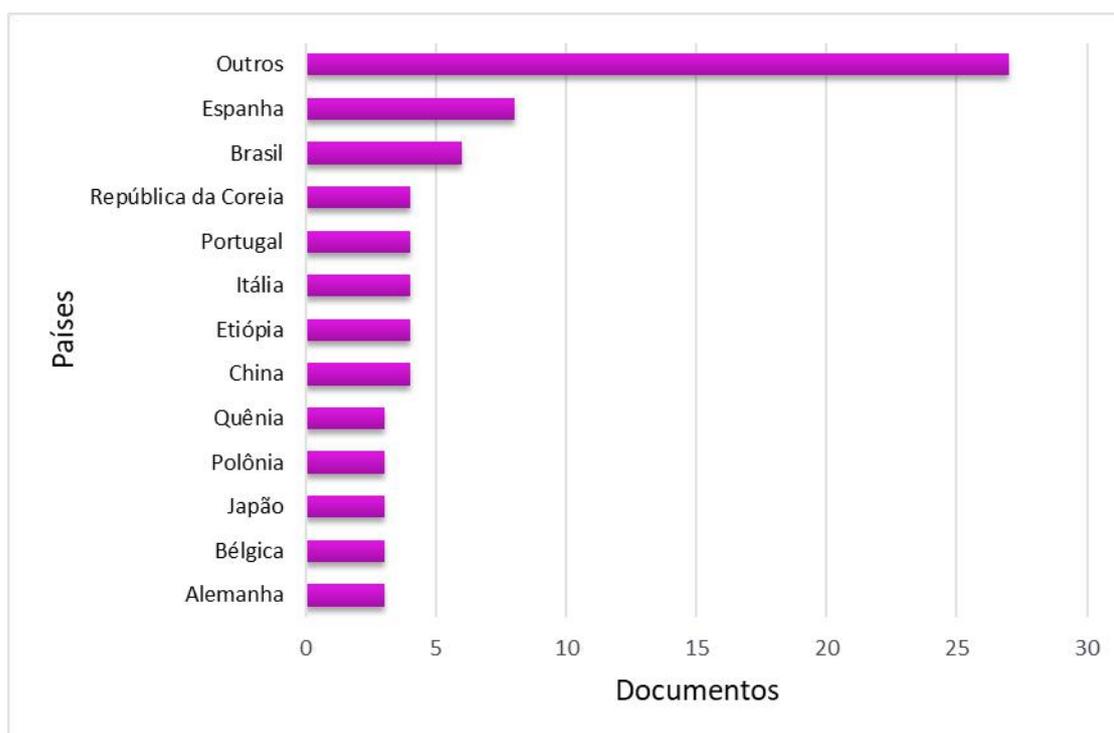
O aumento do interesse pelo tema nos últimos anos pode estar relacionado crescimento expressivo da produção e de consumo mundial de café, apresentando um crescimento em mais de 60% desde a década de 90 (OIC, 2020), influenciando diretamente na geração anual de resíduos, logo, é esperado que cada vez mais tenha estudos científicos que inclua a busca de novos mercados para o aproveitamento desses resíduos agroindustriais.

Vale ressaltar que os esforços observados nos últimos anos podem estar relacionados a grande preocupação ao meio ambiente e a destinação correta dos

resíduos agroindustriais. No ano de 2015, países membros da Organização das Nações Unidas (ONU), implementação da nova política global, a “Agenda 2030”, em que foi estabelecido 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável até o ano de 2030, sendo necessária a atuação conjunta de diferentes níveis de governo, organizações, empresas e social (ONU, 2021). Portanto, há uma propensão para o aumento de estudos relacionados ao uso dos resíduos da indústria cafeeira como foco no setor agrícola.

Na Figura 16, podem ser visualizadas as porcentagens relativas à quantidade de artigos publicados por país. Foram considerados os países com 3 ou mais publicações.

Figura 16 - País de origem dos autores principais dos artigos científicos sobre o aproveitamento dos resíduos de café pelo setor agrícola - período de 1980 a Jul/2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Web of Science* (2021).

Pela análise da Figura 16, a Espanha se apresentou na primeira colocação, com 8 documentos (11% das publicações), seguido do Brasil, com 6 documentos (8% das publicações). Empatados em terceiro lugar estão Itália, República da Coreia, Etiópia, China e Portugal, com 4 documentos cada (5% das publicações).

Apesar da Espanha não se destacar como um dos principais consumidores ou produtores mundiais, se apresentou em primeiro lugar nesta classificação devido a diversos trabalhos publicados por um mesmo autor, resultante de sua pesquisa de tese de doutorado. O Brasil é o principal produtor mundial de café e o terceiro maior consumidor, é esperado que apresente esforços relacionados ao tema devido a grande quantidade de resíduo gerado no país. Dentre os países com o mesmo número de publicações, a Etiópia tem grande relevância por ser classificado como um dos 10 maiores produtores e consumidores mundiais (OIC, 2021).

Os países destacados como “Outros” foram os que apareceram na pesquisa com 2 ou menos artigos publicados, com destaque para a Indonésia, Índia, Estados Unidos e Colômbia. Vale ressaltar que a Colômbia e a Indonésia, se mostraram, respectivamente, como o terceiro e o quarto maiores países produtores de café mundial e, ainda, os Estados Unidos é o segundo maior consumidor de café no mundo (OIC, 2021). Portanto, pode ser notado que outros países importantes para o mercado cafeeiro também estão iniciando em pesquisas relacionadas ao tema.

Dentre os documentos analisados, foi observada a presença de parcerias entre países, como ilustrado no Quadro 7.

Quadro 7 - Parcerias entre países na publicação de artigos científicos sobre o aproveitamento de resíduos de café pelo setor agrícola – período de 1980 a Jul/2021.

Parcerias	Nº de artigos
Quênia/Inglaterra/Holanda	2
Brasil/China/Índia	1
China/ Etiópia	1
Colômbia/Alemanha	1
Egito/ Japão	1
Etiópia/Áustria	1
México/ França	1
República da Coreia/ China/Canadá	1
Escócia/Tunísia/Espanha	1
Etiópia/Bélgica/ África do Sul	1

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Web of Science* (2021).

Segundo o Quadro 7, a Etiópia e a China foram os países que mais se destacaram apresentando um total de 3 parcerias em trabalhos cada. É válido mencionar que a Etiópia é o quinto maior produtor de café mundial sendo um grande potencial de parceria para os países não produtores (OIC, 2021). Dentre os principais colaboradores com a Etiópia, foram observados a Bélgica, a África do Sul, a China e a Áustria. Para exemplificar uma dessas parcerias, tem-se o artigo intitulado “*Effect of organic matter from coffee Pulp compost on yield response of chickpeas Cicer arietinum L in Ethiopia*”, publicado pela “*Wuhan University of Technology*” e a “*Hawassa University*”, que teve como objetivo investigar a influência da matéria orgânica produzida a partir da polpa de café como substrato para melhoria do rendimento das plantações de grão-de-bico e consequente aumento da produção de safras na Etiópia, em comparação a diferentes substratos de origens diversas como composto de estrume animal e composto de serragem de pinho (ULSIDO E LI, 2016).

O artigo “*Effect of caffeine and tannins on cultivation and fructification of pleurotus on coffee husks*” publicado pela “*Universidade Federal do Paraná*”, “*Regional Research Laboratory*” e a “*Zhejiang Academy of Agricultural Sciences*” é um exemplo de artigo da parceria entre o Brasil, China e Índia. O trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade do uso de casca de café como substrato e avaliar os efeitos da cafeína e dos taninos no cultivo de cogumelos (*Pleurotus sp.*) (FAN et al., 2006).

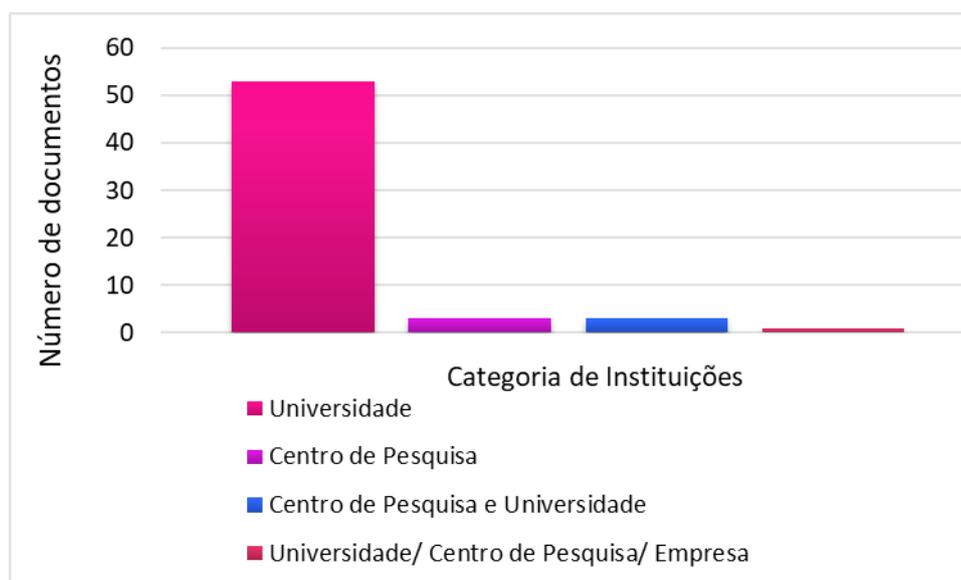
Um exemplo para a parceria entre o Quênia, Inglaterra e Holanda é o artigo intitulado “*Efficacy of soil solarization, Trichoderma harzianum, and coffee pulp amendment against Armillaria sp.*”, publicado pela parceria entre a “*Tea Research Foundation of Kenia*”, “*Wageningen University*”, “*Imperial College at Wye*” e “*Moi University*”, em que foi avaliado o uso de polpa de café como condicionador de solo e seu efeito sobre o crescimento de patógenos como a *Armillaria spp.* em plantações de chá (FAN et al., 2006).

Para a parceria entre o México e a França, tem-se o artigo “*Waste-reducing cultivation of Pleurotus ostreatus and Pleurotus pulmonarius on coffee pulp: changes in the production of some lignocellulolytic enzymes*”, publicado pelo “*Institut national de la recherche agronomique*” e pelo “*Instituto de Ecología*”, que teve como objetivo

investigar o rendimento da produção do cultivo de cogumelos comestível (*Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus pulmonarius*) em polpa de café, além da viabilidade do uso desse resíduo como substrato para o cultivo comercial (VELÁZQUEZ-CEDEÑO; MATA E SAVOIE, 2001).

A Figura 17 ilustra a distribuição dos documentos por natureza das instituições autoras das publicações. Dentre os 60 documentos analisados, a maioria das publicações foram de Universidades, com um montante de 53 trabalhos. Esse resultado já era esperado, devido ao foco dessas instituições em pesquisa acadêmico-científica. Além disso, foi observada a atuação de Centros de Pesquisa, resultante de parcerias com Universidades. Somente 1 artigo foi publicado com a colaboração do setor privado, representado por Empresa, pela *Sulmac Co. Ltd.*, localizada no Quênia, em 1992.

Figura 17 - Natureza das instituições que publicaram artigos científicos sobre o aproveitamento de resíduos de café pelo setor agrícola– período de 1980 a Jul/2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Web of Science* (2021).

Um exemplo de artigo publicado por universidade é o “*Evaluation of three composting systems for the management of spent coffee grounds*”, pela “*Dalhousie University*”, no Canadá. O trabalho teve como objetivo avaliar uma abordagem ideal de compostagem utilizando borra de café como matéria-prima para produzir um composto orgânico para ser utilizado na horticultura (LIU E PRICE, 2011).

Dentre os centros de pesquisa, pode-se observar o trabalho da “*Montgomery Botanical Center*”, nos EUA, que desenvolveu o estudo “*Spent Coffee Grounds Do*

Not Control Cycad Aulacaspis Scale". O trabalho avaliou a aplicação da borra de café para o controle de infestação de *Aulacaspis yasumatsui* em plantações e também avaliou o seu uso como uma alternativa natural aos pesticidas químicos (LIU E PRICE, 2011).

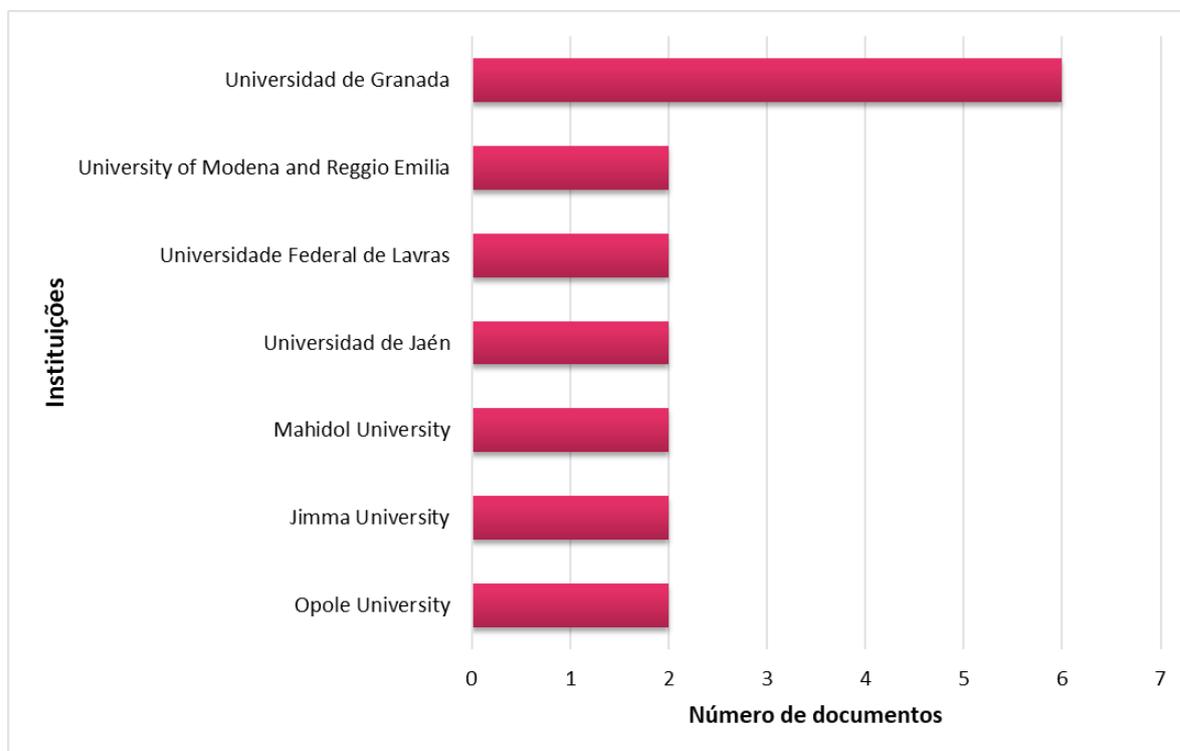
Nos trabalhos provenientes de parcerias entre Universidade e centro de pesquisa, vale citar o artigo intitulado "*Valorization of Spent Coffee Grounds, Biochar and other residues to Produce Lightweight Clay Ceramic Aggregates Suitable for Nursery Grapevine Production*" elaborado entre a parceria da "University of Modena and Reggio Emilia" e o "CREA Research Centre for Vegetable and Ornamental Crops", ambos na Itália. Os autores buscaram avaliar a utilização borra de café como matéria-prima para produzir fertilizante, contendo fósforo e potássio, e avaliar suas propriedades químicas e sua aplicação em plantações de videiras (RONGA *et.al*, 2020).

O único artigo que trata da parceria entre universidade, centro de pesquisa e empresa, intitulado "*Effect of coffee Pulp on Trichoderma SPP in Kenyan tea soils*", foi realizado pela "*Tea Research Foundation of Kenya*", a "*Kenyatta University*" e a empresa "*Sulmac Co. Ltd*". O trabalho buscou avaliar o efeito da utilização da polpa de café no aumento da população de *Trichoderma spp.*, um fungo também utilizado como fungicida, em solos de plantações de chás com finalidade de controle biológico (ONSANDO E WAUDO, 1992).

A Figura 18 apresenta as universidades que exibiram o maior número de publicações relacionados ao tema. A "*Granada University*", na Espanha, se destacou com um total de 6 artigos publicados na área. A "Universidade Federal de Lavras" (Brasil), "*Mahidol University*" (Tailândia), "*Jimma University*" (Etiópia), "*Opole University*" (Polônia) e "*University of Modena e Reggio Emilia*" (Itália), também se destacaram com 2 publicações cada.

É importante mencionar que a Universidade de Granada se destacou devido aos diversos trabalhos publicados por um mesmo autor, resultante de sua pesquisa de tese de doutorado. Portanto, não foi identificada diversidade no domínio espanhol do assunto, o que pode indicar que o Brasil é um dos mais relevantes detentores da tecnologia de aproveitamento de resíduos do café pelo setor agrícola.

Figura 18 - Número de documentos publicados por Universidades sobre o aproveitamento de resíduos de café pelo setor agrícola – período de 1980 a Jul/2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Web of Science* (2021).

A participação da “*Granada University*” pode ser exemplificada pelo artigo “*Phytotoxicity and chelating capacity of spent coffee grounds: Two contrasting faces in its use as soil organic amendment*”. Nesse estudo buscou-se avaliar o uso de borra de café como composto orgânico e comparar a adição desse produto em plantações de alface, de acordo com o teor de nutrientes, com o uso de fertilizantes inorgânicos (NPK) convencional (CERVERA-MATA et al., 2020).

Um exemplo para a “*Universidade de Lavras*” pode-se mencionar o artigo “*Spent coffee grounds as organic amendment modify hydraulic properties in a sandy loam Brazilian soil*”, em que foi investigado os efeitos da borra de café nas propriedades físico-hidráulicas do solo, como retenção de água no solo e a aeração e avaliar a sua aplicação como condicionador de um solo franco-aerOSO (TUREK; FREITAS E ARMINDO, 2019).

Dentre os artigos publicados pela “Opole University”, o intitulado “Acute Toxicity of Experimental Fertilizers Made of Spent Coffee Grounds” teve como objetivo determinar produzir um fertilizante à base de borra de café e avaliar a sua toxicidade (CIESIELCZUK et al., 2018).

Nos artigos relacionados à “Jimma University”, pode-se citar o artigo “Coffee-husk biochar application increased AMF root colonization, P accumulation, N2 fixation, and yield of soybean grown in a tropical Nitisol, southwest Ethiopia”. O estudo investigou o efeito do biochar preparado a partir da casca de café nas propriedades químicas de um solo e na produtividade de uma plantação de soja (ASFAW et al., 2019).

5.1.2 Análise Meso

O Quadro 8 apresenta as definições das taxonomias propostas nesta etapa da análise.

Quadro 8 - Definições das taxonomias Meso.

Taxonomia Meso	Definição
Resíduo de café	Documentos que definem qual tipo de resíduo, proveniente do beneficiamento do café, foi reportado na pesquisa.
Tecnologia	Documentos que indicam etapas frequentes do uso de determinada tecnologia para modificar ou melhorar os resíduos de café.
Aplicação	Documentos que abordam as aplicações do resíduo de café relacionados ao setor agrícola, divididos nas categorias de controle biológico e melhoramento de solo e plantações.

Fonte: Elaboração própria.

Conforme citado anteriormente, um mesmo documento pode possuir mais de uma classificação. Neste estudo, todos os artigos selecionados como pertinentes ao tema abordaram as três taxonomias Meso simultaneamente. Portanto um mesmo artigo apresentou classificações relacionadas a “Resíduo de café”, “Tecnologia” e “Aplicação”.

Como exemplo, pode-se citar o artigo intitulado *“Impact of spent coffee grounds as organic amendment on soil fertility and lettuce growth in two Mediterranean agricultural soils”*, onde foi investigado o efeito do aproveitamento da borra de café no solo e nas plantas. Os autores concluíram que a borra de café tem grande potencial para o aumento de fertilidade do solo, sendo necessário maiores estudos para o uso de borra de café como condicionador de solo (CERVERA-MATA et al., 2018).

Pode-se também destacar o artigo *“Spent coffee grounds improve the nutritional value in elements of lettuce (Lactuca sativa L.) and are an ecological alternative to inorganic fertilizers”*. Esse trabalho teve como objetivo verificar se o uso de borra de café como fertilizante poderia melhorar o valor nutricional dos elementos presentes em alfaces e, conseqüentemente, na nutrição humana (CERVERA-MATA et al., 2019)

Um outro exemplo a ser mencionado é o *“Short-term impact of spent coffee grounds over soil organic matter composition and stability in two contrasted Mediterranean agricultural soils”*, em que foi avaliado os efeitos de curto prazo da borra de café na matéria orgânica, na estabilidade térmica e a na qualidade de dois solos agrícolas mediterrâneos (COMINO et al., 2020).

Por fim, pode-se também citar o artigo intitulado *“Carotenoids of Lettuce (Lactuca sativa L.) Grown on Soil Enriched with Spent Coffee Grounds”*, onde foi avaliado os efeitos do uso da borra de café, em quantidades variadas, nas características nutricionais de alfaces (CRUZ et al., 2012).

5.1.3 Análise Micro

O Quadro 9 apresenta cada uma das taxonomias Micro I e Micro II, que derivaram das taxonomias Meso.

Quadro 9 - Taxonomias aplicadas a níveis Meso e Micro.

TAXONOMIAS		
MESO	MICRO I	MICRO II
Resíduo de café	Semisseca/semiúmida	Mucilagem de café
		Polpa de café
	Facultativa	Borra de café
	Seca	Casca de café
Tecnologia	Compostagem	
	Secagem	
	Mistura	
	Pirólise	
Aplicação	Condicionador de solo	Propriedades físicas
		Propriedades químicas
		Atividade biológica
	Fertilizante	Disponibilidade de nutrientes
		Taxa de crescimento
		Poder quelante
		Fitotoxicidade
		Desempenho
	Composto orgânico	Propriedades físicas
		Propriedades químicas
		Taxa de crescimento
		Atividade biológica
		Poder quelante
		Disponibilidade de nutrientes
		Fitotoxicidade
	<i>Biochar</i>	Propriedades físicas
		Propriedades químicas
		Disponibilidade de nutrientes
		Poder quelante
		Sequestrador de carbono
	Fungicultura	-
	Biocontrole	Pesticida
Supressividade de solos		

Fonte: Elaboração própria.

A partir da taxonomia Meso “Resíduo de café”, foi possível categorizar as principais vias de processamento do café que resultavam nos resíduos mais utilizados nas pesquisas com foco no setor agrícola. As taxonomias Micro I desta

análise foram apontadas como “Via seca”, que origina a casca de café, a “Via Semisseca/semiúmida”, a partir da qual são geradas a mucilagem e a polpa de café, e a “Facultativa”, em que não é definida a forma em que o café foi processado, podendo o resíduo, neste caso a borra de café, ser originário tanto da via seca quanto da via semisseca/semiúmida.

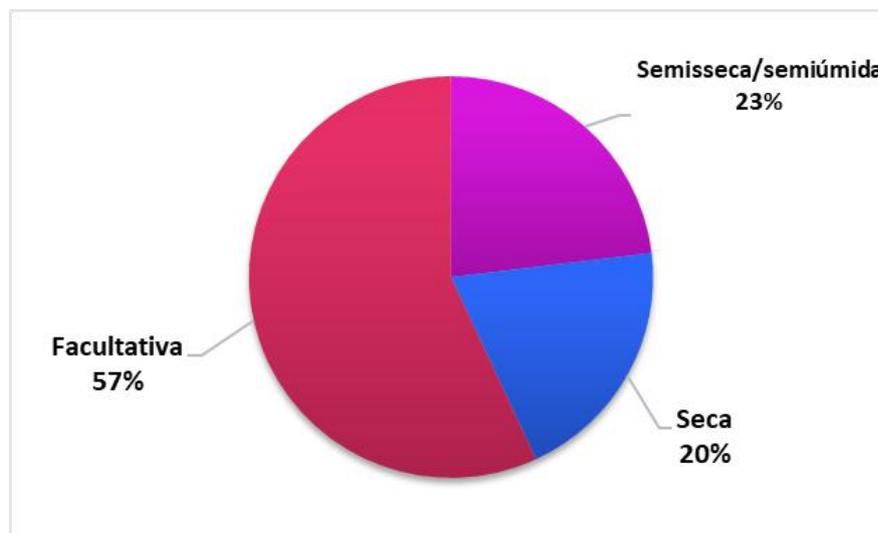
Em “Tecnologia”, foram retratadas as tecnologias mais relevantes aplicadas nos estudos avaliados. Os métodos mais observados geraram as taxonomias Micro I: “Compostagem”, em que a matéria orgânica do resíduo é convertida em adubo antes de ser aplicada na agricultura; “Secagem”, em que a remoção da umidade presente nos resíduos de café pode ocorrer a temperaturas variadas, podendo ser tanto em estufas quanto naturalmente; “Mistura”, resultante da combinação de outros tipos de resíduos ou de uma variedade de resíduos de café; e “Pirólise”, processo físico-químico de queima, responsável pela produção de *biochar*.

Já para a taxonomia nível Meso “Aplicação”, foram determinadas as taxonomias Micro I: “Condicionador de solo”, quando os resíduos de café eram utilizados com finalidade exclusiva de melhoria do solo, com foco nas suas propriedades físicas, químicas e biológicas; “Fertilizante”, quando os resíduos de café eram usados como fertilizantes aproveitando-se sua capacidade de desempenho, de disponibilidade de nutrientes, de promoção do crescimento de plantas, seu nível de toxicidade e seu poder quelante; “Composto orgânico”, quando os resíduos de café eram usados como adubo orgânico; “*Biochar*”, quando especificamente a borra de café era transformada em *biochar* para uso agrícola; “Fungicultura”, quando os resíduos de café eram usados para o cultivo de cogumelos; e “Biocontrole”, quando o potencial pesticida e a capacidade de supressão de doenças nos solos por parte dos resíduos de café eram investigados.

5.1.3.1 Resíduo de café

Para a Meso “Resíduo de café”, foi possível notar que dentre as classificações Micro I observadas como sendo as vias de produção de café mais encontradas nos documentos, a via facultativa foi a que se destacou, sendo citada em 57% dos artigos científicos analisados, como mostra a Figura 19.

Figura 19 - Vias de processamento dos resíduos de café – período de 1980 a Jul/2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Web of Science* (2021).

A via “Facultativa” está relacionada à classificação em nível Micro II “Borra de café”. Esse resultado demonstra um maior interesse na utilização dos resíduos em forma de borra de café nas pesquisas, podendo ser pó residual do preparo do café, de fácil disponibilidade devido ao grande consumo mundial dessa bebida, ou pelo subproduto proveniente da produção industrial de café solúvel, em que é gerada uma quantidade considerável de borra: para cada tonelada de café é obtida aproximadamente 480 kg de borra(SOARES et al., 2015).

Um artigo que exemplifica o grande interesse na borra de café é o *“Hydrophobicity and surface free energy to assess spent coffee grounds as soil amendment. Relationships with soil quality”*, em que o objetivo foi avaliar os efeitos desse resíduo sobre a hidrofobicidade e as propriedades física, químicas e biológicas de solos agrícolas mediterrâneos que possuem propriedades minerais distintas (CERVERA-MATA et al., 2021).

As taxonomias “Semisseca/semiúmida” e “Seca” apresentaram resultados aproximados, com 23% e 20% de menções em artigos científicos, respectivamente. A classificação nível Micro II “Casca de café”, proveniente da produção de café por via seca, foi observada em menor quantidade dentre os documentos, o que pode ser explicado devido à menor disponibilidade deste tipo de resíduo em comparação a

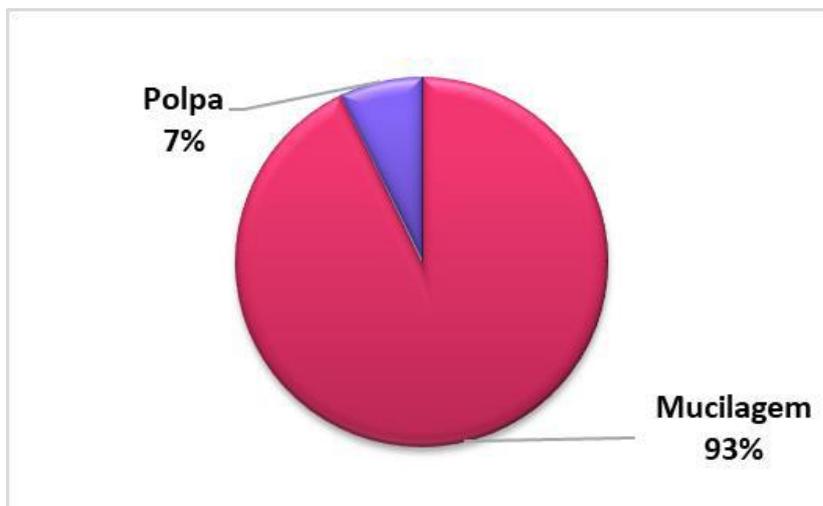
borra de café, pois esta pode ser proveniente tanto da produção de café solúvel quanto do pós-consumo (DURÁN et al., 2017).

Dentre os artigos classificados como “Semisseca/semiúmida”, o *“Coffee waste as an alternative fertilizer with soil improving properties for sandy soils in humid tropical environments”* é um exemplo a ser citado. O trabalho avaliou o uso de resíduos de café como a polpa como fertilizante alternativo e como condicionador de solos com finalidade de melhorar as propriedades físicas de solos arenosos (KASONGO et al., 2011).

Já para a classificação “Seca”, pode-se mencionar o artigo *“Coffee husk composting: An investigation of the process using molecular and non-molecular tools”*. A pesquisa monitorou as mudanças nas propriedades físicas e químicas do produto formado a partir da compostagem da casca de café (SHEMEKITE et al., 2014)

A Figura 20 mostra o percentual de documentos analisados que fazem referência a classificação nível Micro I “Semisseca/semiúmida”. A taxonomia Micro II de maior relevância foi a “Polpa”, apresentando 93% das referências dentre os artigos selecionados comparada à taxonomia “Mucilagem”, apresentando somente 7% das menções. Esta tendência pode ser explicada pela polpa ser uma alta fonte de nutrientes, principalmente potássio e nitrogênio, essenciais para as plantas e pela quantidade de subproduto gerado, para cada 1 tonelada de café é produzido 0,5 tonelada de polpa, enquanto a mucilagem corresponde a 7% da polpa (CASTAÑO; JANNOURA E JOERGENSEN, 2019).

Figura 20 - Resíduos obtidos da via semisseca/semiúmida de processamento de café – período de 1980 a Jul/2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Web of Science* (2021).

Como exemplo do uso da polpa de café, pode-se citar o artigo *“Composting and co-composting of coffee husk and Pulp with source-separated municipal solid waste: a breakthrough in valorization of coffee waste”*, que utilizou a polpa e casca de café compostadas durante 3 meses em plantações de repolho e avaliou seus efeitos na germinação, no crescimento e no rendimento dessas sementes (DADI et al., 2019).

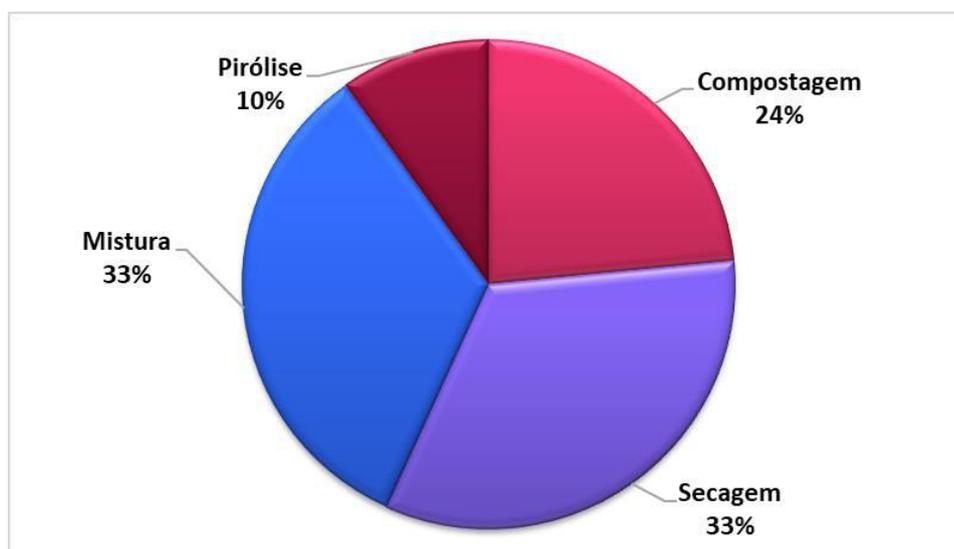
Um outro exemplo é o artigo *“Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus Ostreatus*) using coffee waste and Pulp to mitigate caffeine and pulp related pollution”*, que teve como objetivo avaliar a viabilidade técnica, econômica e financeira do cultivo de cogumelo a partir de resíduos de polpa de café (LOPEZ E BHAKTIKUL, 2018).

Para exemplificar a taxonomia Mucilagem, pode-se mencionar o artigo nomeado *“Coffee mucilage impact on young coffee seedlings and soil microorganisms”*, que cita um experimento em estufa para avaliar os efeitos da mucilagem de café no crescimento e os índices de fertilidade do solo de duas diferentes variedades de café arábica (CASTAÑO; JANNOURA E JOERGENSEN, 2019).

5.1.3.2 Tecnologia

Nesta análise Meso, foi possível verificar que a taxonomia para o processo de “Mistura” apresentou destaque, somando 33% das referências, como mostrado na Figura 21.

Figura 21 – Tecnologias de processamento de resíduos de café – período de 1980 a Jul/2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Web of Science* (2021).

Este resultado demonstrou o domínio do uso de misturas de resíduos, podendo ser provenientes de outros processos ou até mesmo entre diversos tipos de resíduos de café, como por exemplo, entre polpa, casca e borra. De acordo com o artigo *“Response of Italian ryegrass (Lolium multiflorum Lam.) to coffee waste application on a humid tropical sandy soil”*, os autores investigaram o efeito da aplicação de resíduos de café, utilizando uma mistura de casca e polpa, no crescimento, absorção de nutrientes e a produtividade da plantação de azevém em solos arenosos tropicais, também foram avaliadas as mudanças nas propriedades químicas do solo após o cultivo (KASONGO et al., 2013).

Em seguida, o processo de “Secagem” foi observado também em 33% dos documentos analisados, possivelmente justificado pela importância na remo o de umidade devido ao teor de umidade elevado encontrado nos r sduos de café (EFTHYMIPOULOS et al., 2019).

Um exemplo   o artigo *“Bacterial community structure of two Mediterranean agricultural soils amended with spent coffee grounds”*, em que o objetivo do estudo

foi avaliar se a adição de borra de café, após a secagem desse resíduo ao ar, como condicionador de solo melhora as propriedades físicas e químicas do solo e o seu efeito sobre os grupos microbianos (VELA-CANO et al., 2019).

O processo de “Compostagem” também teve grande relevância, sendo verificado em 24% das referências. Esse método pode ser uma alternativa para o tratamento do resíduo de café, uma vez que é capaz de impedir o seu descarte inadequado, além de gerar um composto rico em nutrientes, aplicável ao solo com intuito de aumentar sua produtividade agrícola (OLIVEIRA et. al, 2018).

Como exemplo, pode-se mencionar o artigo *“Using cow dung and spent coffee grounds to enhance the two-stage co-composting of green waste”*. A pesquisa teve como objetivo determinar como a mistura de esterco de vaca com a borra de café afeta nas propriedades físicas e químicas durante a compostagem e o composto final gerado. A finalidade desse estudo foi desenvolver métodos para transformar esses resíduos em um composto útil para ser utilizado como corretivo de solo ou fertilizante (ZHANG; SUN, 2017)

Por fim, foi definida a taxonomia “Pirólise”, reportada em cerca de 10% dos documentos e responsável pela geração de *biochar*, um composto orgânico usado como fertilizante. Essa tecnologia é considerada altamente sustentável e, apesar de ter alto custo, o uso da técnica de pirólise para formação de *biochar* é um mercado ainda crescente, sendo considerado uma tendência para os próximos, o que pode justificar o menor número de artigos que investigam esse método no setor agrícola (BURATTO et al., 2017).

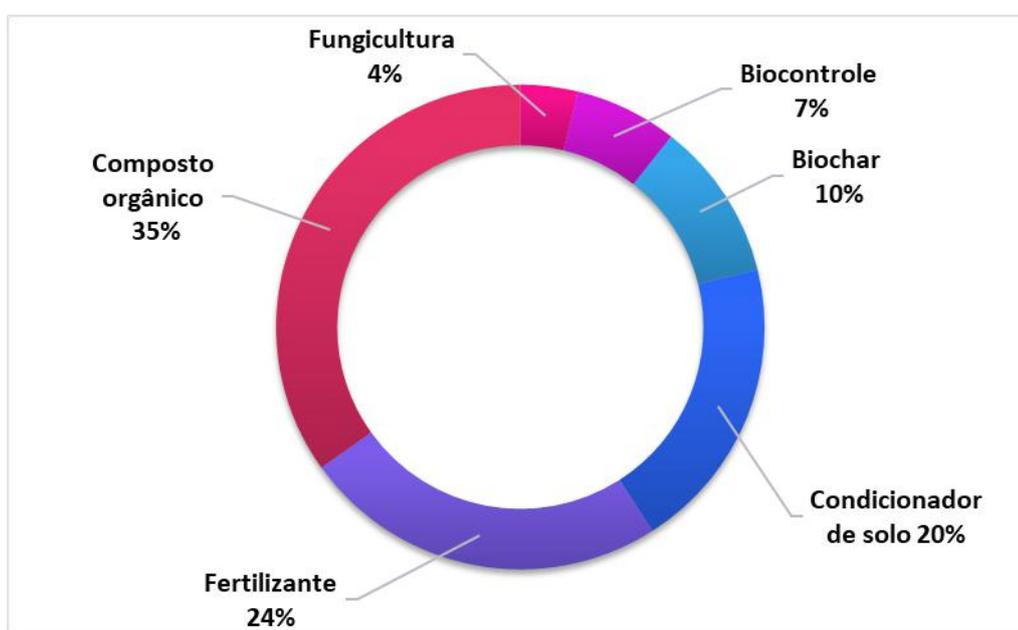
Um exemplo para esta taxonomia é o artigo nomeado *“Slow release fertilizer production from coffee spent ground: A preliminary study”*. O trabalho apresentou um estudo sobre a possibilidade de produzir um *biochar* de borra de café através da tecnologia de pirólise para ser utilizado como fertilizante de liberação lenta (SETIAWAN et al., 2020).

5.1.3.3 Aplicação

A classificação das aplicações encontradas nos artigos indicou o predomínio do uso de resíduos de café como “Composto orgânico”, comumente resultante da

compostagem, em cerca de 35% dos documentos. Em seguida, notou-se um interesse da utilidade como “Fertilizante”, com 24%, e como “Condicionador de solo”, com 20%. Em menores proporções, foram observadas as taxonomias “*Biochar*”, com 10%, e “Biocontrole”, com 7%, como observado na Figura 22.

Figura 22 – Aplicações dos resíduos de café – período de 1980 a Jul/2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Web of Science* (2021).

A taxonomia menos citada nesta categorização foi a relacionada à aplicação na “Fungicultura”, em apenas 4% dos documentos, em que os trabalhos focaram principalmente no cultivo de cogumelos comestíveis. O trabalho “*Caffeine metabolism during cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) with spent coffee grounds*”, apresenta um estudo sobre a avaliação do cultivo de *Pleurotus ostreatus* em borra de café devido a sua alta disponibilidade de uso, bem como alternativa de reciclagem desses resíduos (CARRASCO-CABRERA; BELL E KERTESZ, 2019).

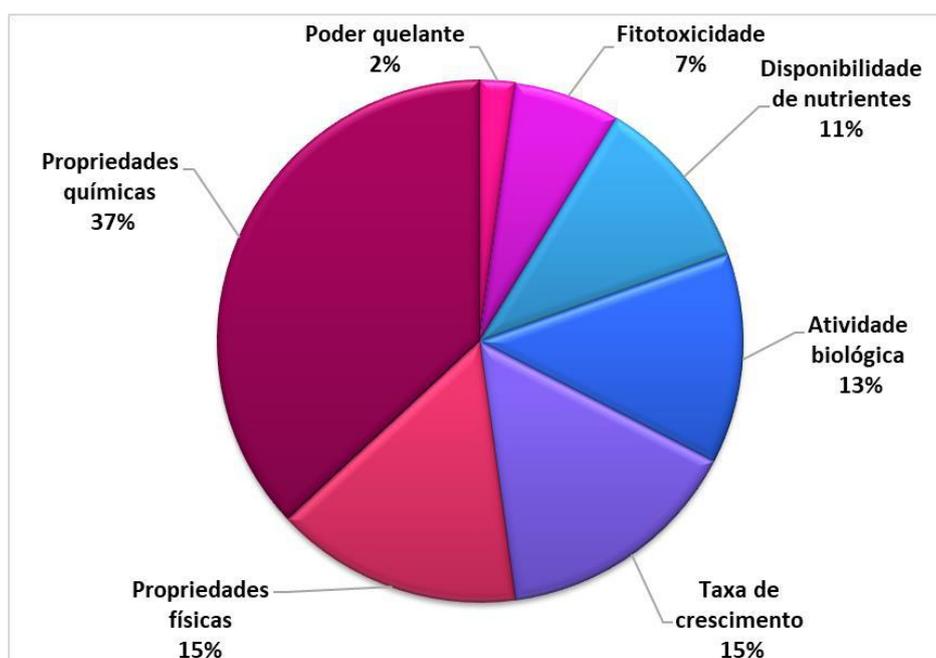
5.1.3.3.1 Composto Orgânico

Com base na categorização nível Meso “Aplicação”, foram determinadas taxonomias mais detalhadas em nível Micro I e Micro II. A taxonomia Micro I “Composto orgânico”, apresentou o maior número de menções, como demonstrado anteriormente.

A Figura 23 apresenta as principais características dos compostos orgânicos, que são aproveitadas pelo setor agrícola e, portanto, justificam seu interesse na maior parte dos documentos selecionados. Dentre essas características, notou-se a predominância das “Propriedades químicas”, reportadas em 37% dos documentos analisados. Em sequência, verificaram-se resultados bastante aproximados entre as taxonomias “Propriedade físicas” (15%), “Taxa de crescimento” das plantas (15%), “Atividade biológica” (13%) e “Disponibilidade de nutrientes” (11%). Todas essas características são consideradas requisitos importantes para uma boa atividade da agricultura, uma vez que promovem o desenvolvimento das plantas, além de garantir uma boa qualidade do solo.

Como exemplo, pode-se citar o artigo nomeado “*Growth and metal uptake of spinach with application of co-compost of cat manure and spent coffee ground*”, em que foi verificado o uso do composto procedente da compostagem da borra de café e esterco de gato, para o cultivo de espinafre, tendo sido avaliadas a taxa de crescimento da planta e as suas propriedades químicas (KEEFLEE et al., 2020).

Figura 23 – Aplicação de resíduos de café como composto orgânico – período de 1980 a Jul/2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Web of Science* (2021).

5.1.3.3.2 Fertilizante

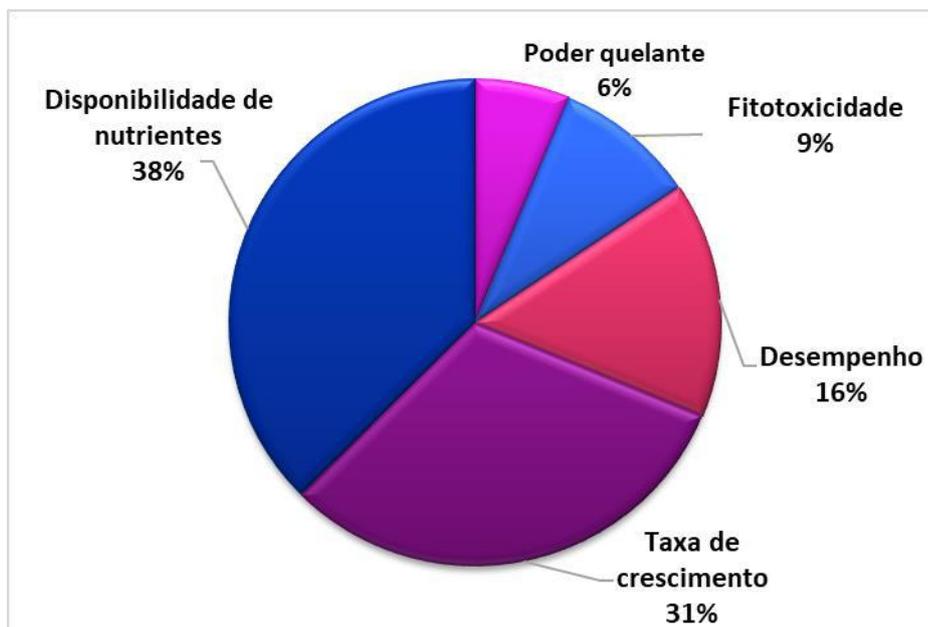
Para a Micro I de “Fertilizante”, foi possível observar um interesse nas pesquisas por parte dos resíduos de café como fertilizante quanto à “Disponibilidade de nutrientes”, à “Taxa de crescimento das plantas”, ao “Desempenho” desse resíduo atuando como fertilizante, ao seu grau de “Fitotoxicidade” e à sua capacidade de possuir a propriedade de “Poder quelante”.

A “Disponibilidade de nutrientes” e a “Taxa de crescimento das plantas” foram as atribuições mais verificadas dentre os trabalhos, sendo citada em 38% e 31% dos artigos, respectivamente, como mostra a Figura 24. Uma vez que os fertilizantes são produtos designados à fortificação da planta, promovendo seu maior e melhor desenvolvimento (SILVEIRA et. al, 2015), a partir do fornecimento de nutrientes considerados essenciais ao seu crescimento, esses melhores resultados são justificáveis e, portanto, esperados a partir da prospecção científica

Além dessas taxonomias, houve um destaque em analisar o “Desempenho” (16%) dos resíduos de café como fertilizante. Em alguns trabalhos, foram reportadas s comparações entre o desempenho do uso de fertilizantes inorgânicos e àqueles provenientes da borra de café. Por fim, a “Fitotoxicidade” (9%) e o “Poder quelante” (6%) foram as aplicações menos reportadas.

Um artigo interessante a ser mencionado que exemplifica seu uso é o intitulado “*Possibilities of Coffee Spent Ground Use as a Slow Action Organo-mineral Fertilizer*”, em que foi analisado o uso da borra de café como fertilizante organo-mineral de ação lenta, produzido em forma de tabletes. Nesse estudo, foi verificada a disponibilidade de nutrientes por parte desse resíduo o que confirma o grande interesse por essa atribuição tecnológica (CIESIELCZUK; ROSIK-DULEWSKA; WIŚNIEWSKA, 2015).

Figura 24 - Aplicação de resíduos de café como fertilizante – período de 1980 a Jul/2021.



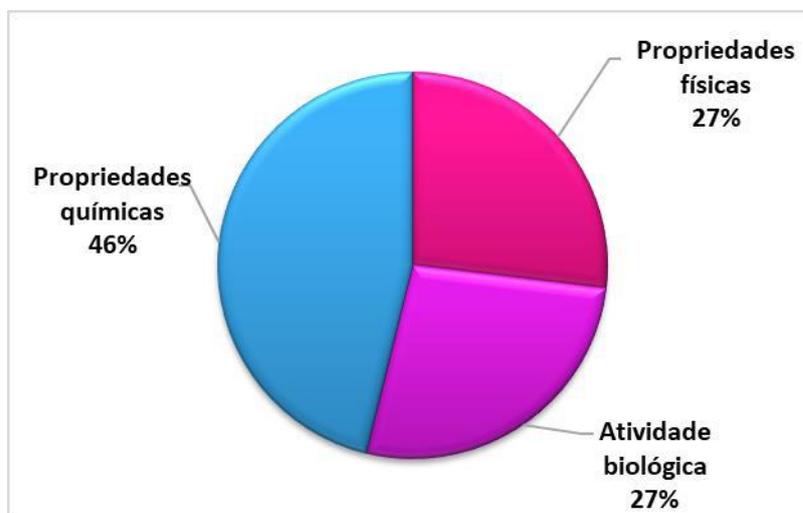
Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Web of Science* (2021).

5.1.3.3.3 Condicionador de solo

Para a classificação Micro I “Condicionador de solo” foi possível verificar a predominância das “Propriedades químicas”, “Propriedades físicas” e “Atividade biológica relacionadas ao solo.

A Figura 25 mostra que dentre os trabalhos analisados, houve a predominância em investigar as “Propriedades químicas” do solo, sendo mencionado em 46% das publicações. Em seguida, as “Propriedades físicas” e “Atividade biológica” se apresentaram com a mesma quantidade de citações, 27% cada. Os condicionadores de solo são necessários para promover a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou da atividade biológica do solo, com finalidade de aperfeiçoá-lo para a agricultura (CERVERA-MATA et al., 2021). Este resultado confirma que todas as propriedades verificadas são de grande importância e, portanto, possuem quantidades de menções aproximadas.

Figura 25 - Aplicação de resíduos de café como condicionador de solo – período de 1980 a Jul/2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Web of Science* (2021).

Em relação à essa taxonomia, pode-se citar o artigo *“Short-term effects of spent coffee grounds on the physical properties of two Mediterranean agricultural soils”*. O estudo investigou os efeitos de curto prazo da utilização de borra de café nas propriedades físicas de solos agrícolas (CERVERA-MATA et al., 2019).

Um outro exemplo é o artigo *“Effect of industrial and domestic ash from biomass combustion, and spent coffee grounds, on soil fertility and plant growth: experiments at field conditions”*, onde foi avaliado o efeito do uso da mistura de borra de café e de cinzas da combustão de biomassa nas características de fertilidade do solo e no crescimento de plantas (RIBEIRO et al., 2017).

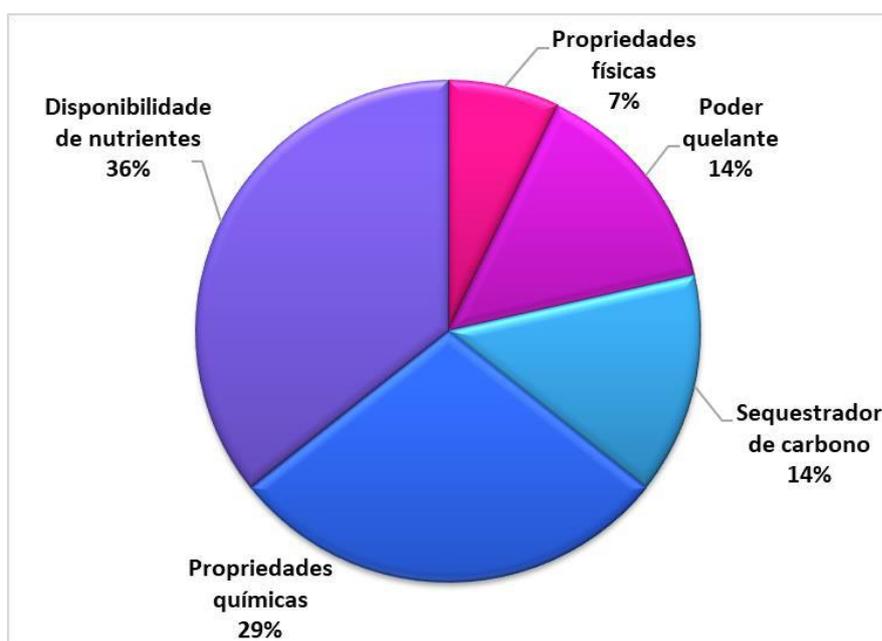
5.1.3.3.4 Biochar

Para a taxonomia nível Micro I *“Biochar”*, foi observada a sua atuação semelhante a um fertilizante e um condicionador de solo. Portanto, suas taxonomias a nível Micro II são similares a desses compostos, sendo verificada, ainda, a atribuição *“Sequestrador de carbono”*.

Dentre as classificações, a Figura 26 mostra um destaque na taxonomia *“Disponibilidade de nutrientes”*, com 36% das referências, resultado semelhante ao observado para fertilizantes. Em sequência, as *“Propriedades químicas”*,

“Sequestrador de carbono” e “Poder quelante”, apresentaram 29%, 14% e 14% das citações, respectivamente. As “Propriedades físicas” foram menos verificadas, com apenas 7%, apesar de ter sido uma taxonomia relevante nas análises anteriores. Além disso, foi verificado que os trabalhos que mencionam o *biochar* foram publicados mais recentemente, sendo verificados em documentos publicados nos últimos 5 anos, o que pode indicar uma tendência de publicações para os próximos anos.

Figura 26 - Aplicação de resíduos de café como *biochar* – período de 1980 a Jul/2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Web of Science* (2021).

Para exemplificar, pode ser mencionado o artigo “*An approach to produce biochar from coffee residue for fuel and soil amendment purpose*”, que teve como objetivo pesquisar uma forma eficaz de produzir *biochar* a partir de resíduos de café e determinar suas propriedades físicas, químicas e analisar sua utilização como um corretivo de solo (TANGMANKONGWORAKOON, 2019).

Já o artigo “*Obtaining bioproducts by slow pyrolysis of coffee and cocoa husks as suitable candidates for being used as soil amendment and source of energy*” avaliou o desempenho da conversão da casca de café em *biochar*, através da pirólise lenta. A caracterização de *biochar* indicou altos teores de carbono, cálcio, potássio, nitrogênio e compostos oxigenados, demonstrando um alta disponibilidade de

nutrientes e a possibilidade do seu uso para fertilizar solos agrícolas (MILIAN-LUPERÓN et al., 2020).

Um outro exemplo é o artigo *“Physicochemical and structural characterization of biochar derived from the pyrolysis of biosolids, cattle manure and spent coffee grounds”*. O estudo teve como objetivo caracterizar 3 tipos de *biochars* produzidos a partir da pirólise da borra de café. Os *biochars* produzidos apresentaram boa estabilidade no solo, possibilitando a sua utilização como corretivo de solo e para mecanismos de sequestro de carbono, se mostrando promissoras para aplicações ambientais (STYLIANOU et al., 2020).

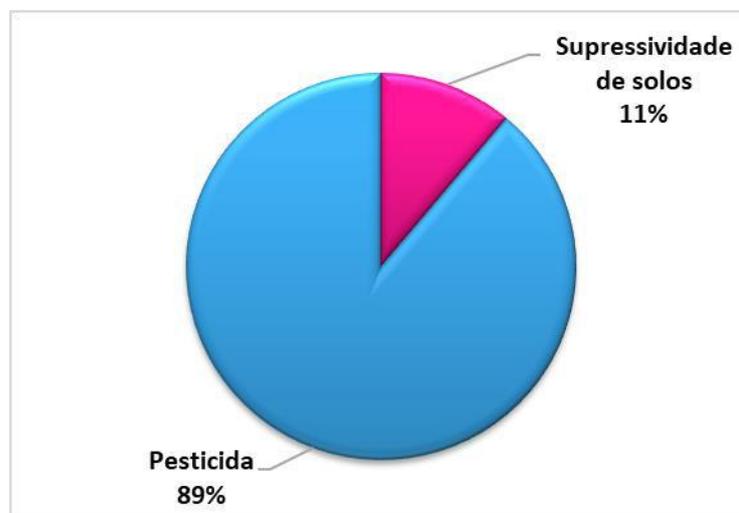
O artigo *“Phytotoxicity and chelating capacity of spent coffee grounds: Two contrasting faces in its use as soil organic amendment”* buscou avaliar o tratamento mais adequado da borra de café que gere um bioproduto que supere a fitotoxicidade das plantas e aproveite a capacidade quelante da borra (CERVERA-MATA et al., 2020).

Por fim, pode-se mencionar o artigo intitulado *“The effectiveness of spent coffee grounds and its biochar on the amelioration of heavy metals-contaminated water and soil using chemical and biological assessments”*. O trabalho buscou avaliar os efeitos do *biochar* de borra de café na melhoria de solos contaminados com metais pesados (KIM et al., 2014).

5.1.3.3.2 Biocontrole

A classificação nível Micro I “Biocontrole” apresentou somente duas taxonomias a nível Micro II, sendo o seu uso como “Pesticida” reportado em 89% das publicações. Já a capacidade dos resíduos de café de atuarem na “Supressividade de solos”, impedindo o estabelecimento de patógenos, foi reportada em 11% das publicações, como mostrado na Figura 27.

Figura 27 - Aplicação de resíduos de café como forma de biocontrole – período de 1980 a Jul/2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Web of Science* (2021).

Pode-se notar que muitos dos trabalhos relacionados à atividade de biocontrole por parte dos resíduos de café têm demonstrado grande preocupação com os riscos ambientais decorrentes do uso de defensivos agrícolas de natureza química, o que tem levado a um movimento de substituição desses compostos por estratégias de controle de pragas mais sustentáveis. O artigo *“Effect of coffee silver skin and brewers’ spent grain in the control of root-knot nematodes”* ilustra essa tendência. Nele, os autores investigaram o efeito do resíduo da casca de café no controle de parasitas em uma plantação de tomate (THLIGENE et al., 2019).

Em relação à taxonomia supressividade, pode-se mencionar o artigo *“Suppression of soil-borne plant pathogens in growing media amended with espresso spent coffee grounds as a carrier of Trichoderma spp.”* A pesquisa teve como objetivo avaliar o potencial supressivo da borra de café em solos por doenças causadas pelos patógenos *Sclerotinia sclerotiorum* e *Phytophthora nicotianae*, além disso, foi analisado fitotoxicidade e as propriedades físicas e químicas do resíduo (CHILOSI et. al, 2020).

5.2 Análise de patentes

As buscas das patentes concedidas e depositadas foram realizadas na base de dados *Lens*, *USPTO* e *INPI*, seguindo a estratégia de pesquisa definida

anteriormente. Não foram identificadas patentes consideradas relevantes nas bases de dados *USPTO* e *INPI*, portanto suas pesquisas não foram representadas. O Quadro 10 apresenta as combinações das palavras-chaves usadas, a quantidade de documentos obtidos e o número de documentos relevantes para cada um dos tipos de patentes avaliados.

Quadro 10 - Estratégia de busca de patentes concedidas e solicitadas e palavras-chaves utilizadas na base de dados Lens.

Palavra- chave	Título e resumo	Patentes concedidas relevantes	Patentes solicitadas relevantes
<i>(spent coffee OR coffee residue OR waste coffee OR coffee residual OR coffee husks OR coffee pulp OR coffee mucilage) AND (control*)</i>	0	0	0
<i>(spent coffee OR coffee residue OR waste coffee OR coffee residual OR coffee husks OR coffee pulp OR coffee mucilage) AND (fertiliz*)</i>	217	2	27
<i>(spent coffee OR coffee residue OR waste coffee OR coffee residual OR coffee husks OR coffee pulp OR coffee mucilage) AND (soil)</i>	317	3	12
<i>(spent coffee OR coffee residue OR waste coffee OR coffee residual OR coffee husks OR coffee pulp OR coffee mucilage) AND (compost*)</i>	179	3	11
<i>(spent coffee OR coffee residue OR waste coffee OR coffee residual OR coffee husks OR coffee pulp OR coffee mucilage) AND (biochar)</i>	19	0	0
<i>(spent coffee OR coffee residue OR waste coffee OR coffee residual OR coffee husks OR coffee pulp OR coffee mucilage) AND (cultivation)</i>	141	0	9
TOTAL	873	8	59

Fonte: Elaboração própria.

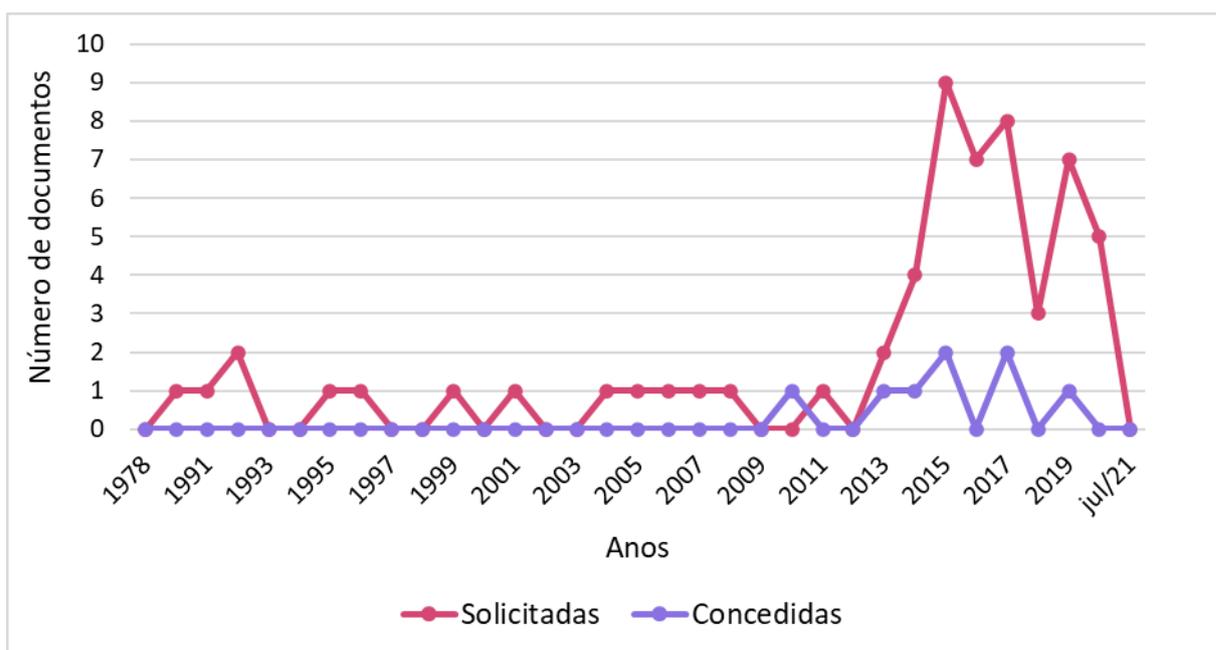
Assim como para artigos científicos, as patentes foram consideradas relevantes quando faziam referência ao objeto de estudo dessa prospecção tecnológica: aproveitamento de resíduos de café no setor agrícola.

As análises Macro, Meso e Micro das patentes serão apresentadas de conforma conjunta nos próximos capítulos.

5.2.1 Análise Macro

A Figura 28 apresenta a série histórica do total de 8 patentes concedidas e 59 solicitadas selecionadas, para o período compreendido entre 01 de janeiro de 1978 até 31 de julho de 2021. Nessa figura, é possível observar um perfil de crescimento de depósito e concessão de patentes ao longo dos anos, com destaque para o período de 2015 a 2020, correspondente ao maior número de documentos, sendo 5 patentes concedidas e 39 patentes depositadas. Para o ano de 2021, a análise não obteve um número conclusivo, pois a pesquisa foi realizada até o mês de julho. Vale mencionar que o aumento significativo de solicitações de patentes pode indicar uma tendência para o desenvolvimento e comercialização de produtos com interesse no aproveitamento de resíduos de café.

Figura 28 - Evolução temporal do número de patentes solicitadas e concedidas sobre o aproveitamento dos resíduos de café pelo setor agrícola- período de 1978 a Jul/2021.



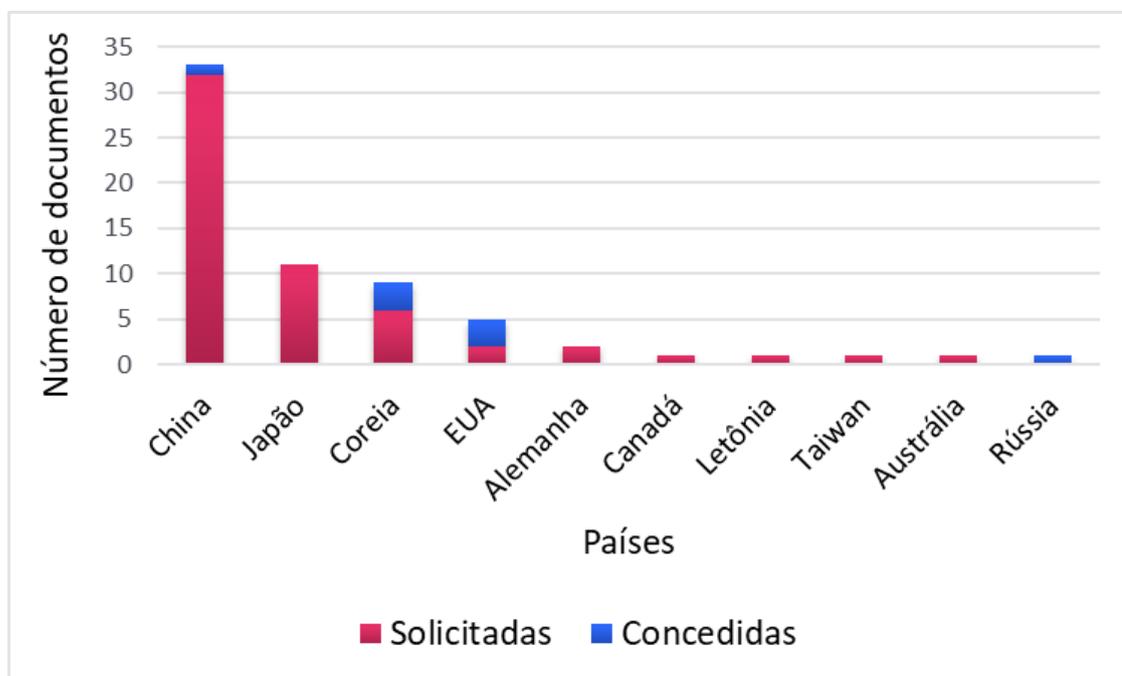
Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Lens* (2021).

O tempo médio para se obter uma decisão de um pedido patente depende de diversos fatores, como o tipo de patente solicitada, o tipo de tecnologia, qualidade do pedido e amplitude de proteção requerida, podendo ser entre 2 a 5 anos (POWERS, 2018). Portanto, o número de patentes concedidas em menor quantidade pode ser justificada devido ao tempo de concessão. Ainda assim, a evolução

temporal das patentes acompanha os resultados apresentados nos artigos científicos, validando uma interação científica e tecnológica em torno do tema.

Na Figura 29, foi apresentada a distribuição das patentes por jurisdição (escritório de patentes). Foi verificado que a maior parte dos pedidos de propriedade intelectual foram realizados no escritório da China, com um total de 33 documentos, sendo 32 patentes solicitadas e 1 patente concedida. Em seguida, o Japão se destacou com 11 patentes solicitadas, e a Coreia do Sul, com 6 patentes solicitadas e 3 patentes concedidas. Os países com os menores destaques apresentaram no máximo 2 pedidos de patentes, como é o caso do Canadá, Letônia, Taiwan, Austrália e Rússia. Vale enfatizar que os países das 10 principais jurisdições com pedido/concessão de patentes não são considerados os principais produtores mundiais de café, embora apresentem uma alta taxa de importação do produto, como é o caso da China, EUA e Alemanha. Independentemente da importação ou exportação de café uma grande e diversa quantidade de resíduos são gerados após o seu consumo, o que acaba justificando os esforços para o aproveitamento desses materiais, especialmente no setor agrícola (CONAMA, 2021).

Figura 29 - Jurisdição das patentes solicitadas e concedidas- período de 1978 a Jul/2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Lens* (2021).

Em relação às patentes da China, pode-se destacar a solicitada da empresa “*Beijing Qianjian Greening Eng Co Ltd*”, nomeada “*Composite Organic Fertilizer With Inorganic Medium As Substrate And Preparation Method Of Composite Organic Fertilizer*” CN 110105143 A (2019), onde foi desenvolvido um fertilizante orgânico composto a partir da mistura de resíduos de café, o produto fornece nutrientes para as plantas influenciando no seu crescimento.

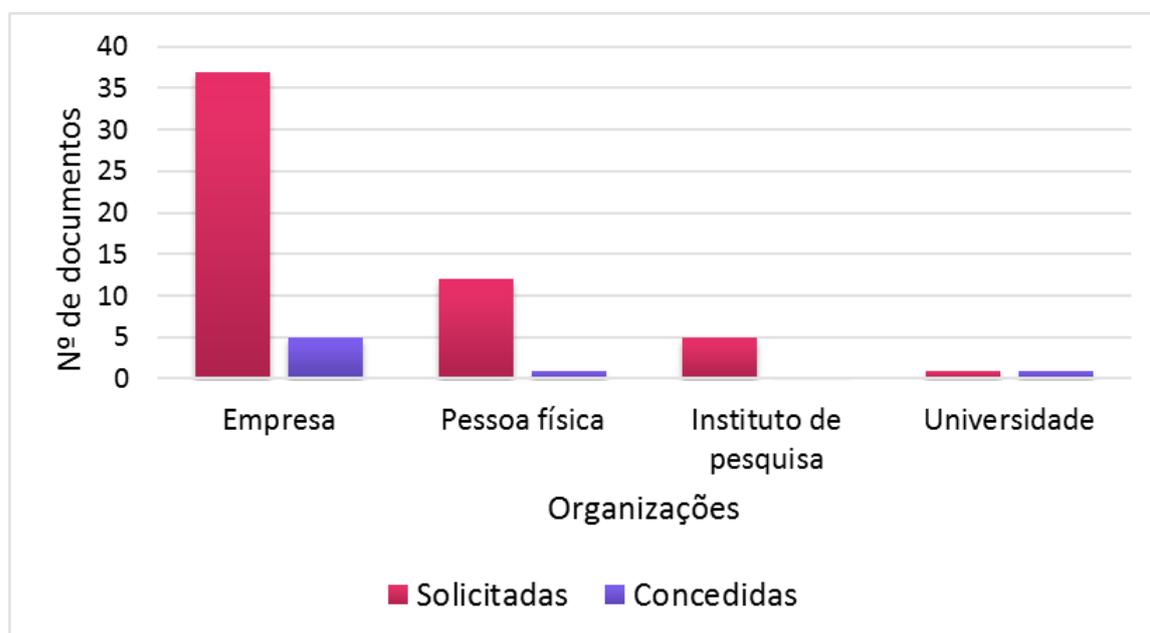
Um outro exemplo é a patente concedida “*Coffee Residue Organic Fertilizer And Preparation Method Thereof*”, CN 103351185 B (2014), da empresa “*Dehong Hogood Coffee Co Ltd*”, cujo objetivo foi desenvolver um método de preparação de fertilizante orgânico de resíduos de café, com grandes quantidades de matéria orgânica e substâncias húmicas, essenciais para as plantas.

Outro país que se destaca é o Japão como o exemplo da patente “*Soil Amendment Agent And Production Method Of Soil Amendment Agent*” JP2008285572A (2008), solicitada por Morita Masanori, onde foi reivindicado um método de produção de corretivo de solo utilizando os resíduos de café, casca de ovo e folhas de chá usadas.

Dentre as coreanas, pode-se mencionar a patente concedida “*Plant Soil Comprising Mixture Of Dredged Soil And Coffee Sludge*” KR101940248B1 (2019), da “*Chosun University*”. A patente se refere a um solo vegetal obtido pela mistura de resíduo de café e solo dragado capaz de cultivar plantas de forma eficiente. Já a patente solicitada da empresa “*H&k Global Co Ltd*”, intitulada “*Production Method Of Soil Conditioner Comprising Spent Coffee Ground Fermented By Microorganisms And The Soil Conditioner Produced By This Method*” KR20170076363A (2017), reivindicou um método de preparação de condicionador de solo orgânico que compreende borra de café.

A Figura 30 mostra a distribuição do perfil de aplicantes das patentes concedidas e depositadas no período avaliado. Como destaque, as empresas, foram consideradas as principais detentoras da tecnologia reportada tanto nas patentes solicitadas quanto nas concedidas, seguido de pessoa física. As universidades e os centros de pesquisa apareceram com menor destaque entre os documentos analisados.

Figura 30 - Distribuição por aplicantes de patentes solicitadas e concedidas sobre o aproveitamento dos resíduos de café pelo setor agrícola- período de 1978 a Jul/2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Lens* (2021).

Entre as empresas, pode-se citar a patente solicitada pela “*Shanghai Jiangzhe Environment Engineering Technology Co Ltd*”, nomeada “*Fertilizer For Improving Soil Environments And Soil Improving Method*” CN109824452A (2019), que se refere a um fertilizante que inclui em parte de borra de café misturado com outros tipos de resíduos como, por exemplo, o uso de casca de ovo. A finalidade do uso desse fertilizante é o aumento a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Em relação ao depósito de patentes de pessoas físicas, pode-se destacar a “*Process of producing a substrate for vermicomposting from coffee dehulling wastes and carabao manure*” PH22019001219Y1 (2020), de Douglas M. Doloriel. Neste documento foi relatado um processo de produção de um substrato para compostagem incluindo mistura de cascas de café e esterco para produzir um composto orgânico eficiente para cultivo de plantas.

Dentre os institutos de pesquisa, tem-se como exemplo a patente depositada “*Passion Fruit Seedling Culture Medium And Method*” CN110169334A (2019), do “*Ecological Environment Research Institute*”, onde foi reivindicado um método de cultivo de mudas de maracujá, compreendendo em parte casca de café. De acordo com os parâmetros físicos e químicos, o meio de cultura de mudas de maracujá pode

promover o crescimento do sistema radicular (a conexão das raízes com o solo) e aumentar a produção.

A única patente solicitada por universidade é a “*Organic Fertilizer Taking Coffee Grounds As Main Raw Material, And Aerobic Composting Process And Application Of Organic Fertilizer*” CN110803965A (2020), pela “*Yantai University*”. O trabalho se refere a um fertilizante orgânico tendo como principal matéria-prima a borra de café e a sua aplicação em plantas ornamentais de lírio.

5.2.2 Análises Meso e Micro

Para a análise Meso das patentes depositadas e concedidas, notou-se a mesma predominância encontrada nos artigos: todos os documentos avaliados foram classificados nas três taxonomias propostas neste estudo. Assim, foram determinados o tipo de “Resíduo de café”, a “Tecnologia” adotada e a “Aplicação” empregada para cada patente. Já para a análise Micro, foi possível mapear detalhadamente os padrões utilizados pelos atores do processo (*players*), de maneira similar aos documentos científicos.

5.2.2.1 Resíduo de café

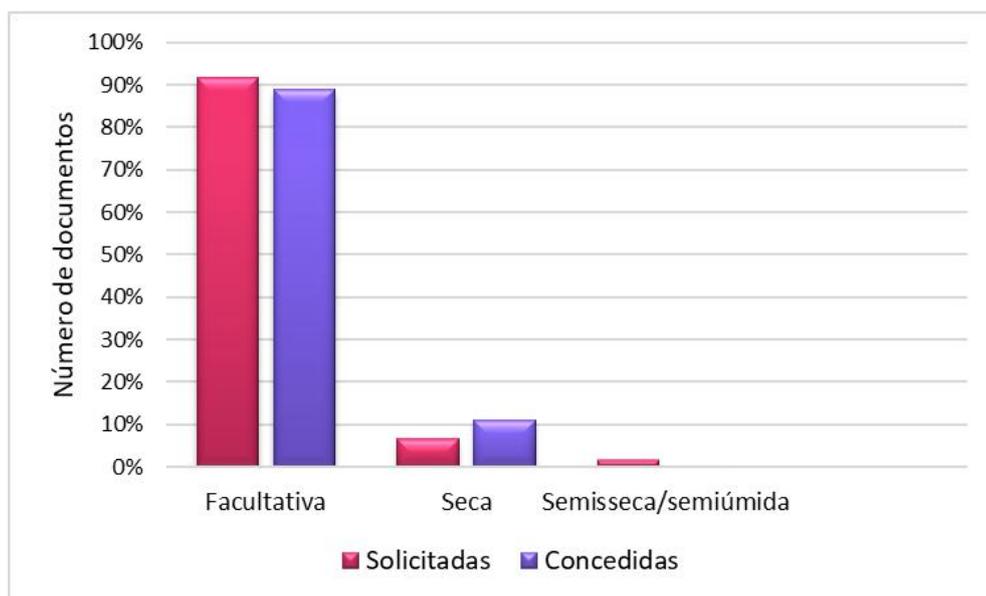
Nesta classificação Meso, foi possível verificar a preferência para o uso dos resíduos provenientes da via “Facultativa” tanto nas patentes solicitadas quanto nas patentes concedidas, observado em 92% e 88% dos trabalhos, respectivamente, conforme ilustrado na Figura 31. Este resultado também foi observado na análise anterior dos artigos científicos, comprovando a importância da borra de café nas diversas aplicações do setor agrícola, com destaque ao controle biológico e ao melhoramento de solo e plantações. Além disso, sua fácil disponibilidade doméstica e industrial, o perigo ambiental apontado pelas indústrias produtoras de café solúvel, por ser um produto inutilizável, usado apenas para descarte, também o tornam interessante no contexto da economia circular e da sustentabilidade de processos (OLIVEIRA *et. al*, 2011).

Em seguida, a classificação via “Seca”, que compreende a taxonomia Micro II “Casca de café”, foi mencionada somente em 7% das patentes solicitadas e 13% das patentes concedidas, apesar do beneficiamento de café gerar uma grande quantidade de casca como resíduo (BADOCHA, COSTA, LEÔNIDAS, 2003). Já a

classificação via “Semisseca/semiúmida”, que abrange as taxonomias Micro II “Mucilagem” e “Polpa”, foi a que obteve o menor número de menções entre as patentes solicitadas e não foi apresentada nenhuma citação entre as patentes concedidas. Contudo, como a maior parte dos países apresentados anteriormente não são grandes produtores mundiais, é esperado que os resíduos utilizados não sejam procedentes do beneficiamento do café, mas sim, do seu uso pós-bebida.

Para a taxonomia mais referenciada “Facultativa”, a patente chinesa da empresa “*Jiangsu Chinagreen Biological Tech Co Ltd*” CN111512889A (2020) “*Technology For Applying Coffee Ground Culture Medium In Cultivation Of Enoki Mushroom*” é um exemplo dentre as patentes solicitadas. É reivindicado a invenção de um processo de cultivo de um meio de cultura de borra de café para cogumelo *Enoki*, de modo que a diversidade de matérias-primas de cultivo possa ser melhorada.

Figura 31 - Vias de processamento dos resíduos de café – período de 1978 a Jul/2021.



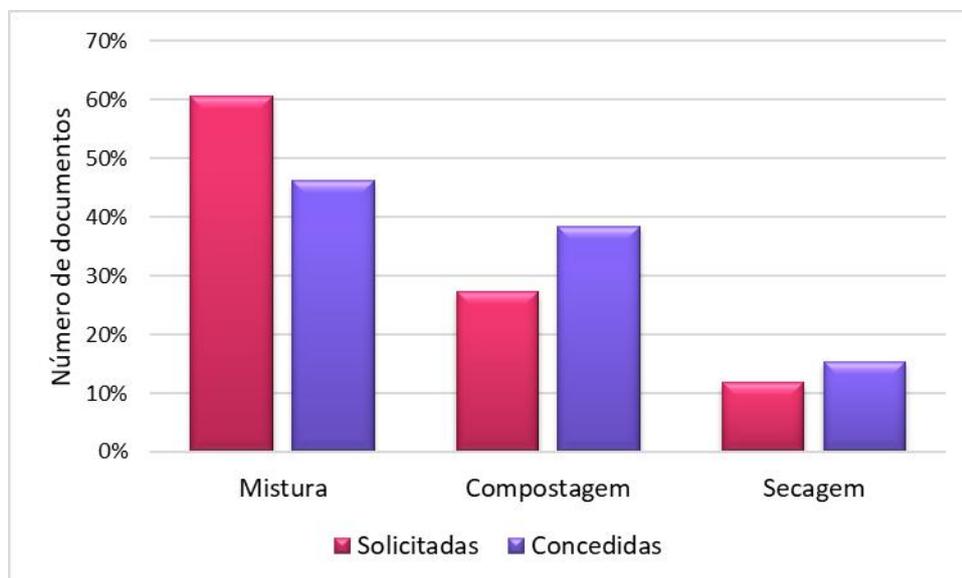
Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Lens* (2021).

5.2.2.2 Tecnologia

Dentre as “Tecnologias” verificadas nas patentes concedidas e solicitadas, observou-se um maior enfoque dos trabalhos para o uso de “Misturas” (62% patentes solicitadas e 46% patentes concedidas) e “Compostagem” (28% patentes solicitadas

e 38% patentes concedidas), conforme mostrado na Figura 32. Essas técnicas podem ser usadas separadamente ou combinadas.

Figura 32 – Tecnologias de processamento de resíduos de café – período de 1978 a Jul/2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Lens* (2021).

O uso da técnica de “Secagem” foi observado em 10% das patentes solicitadas e 15% das patentes concedidas. O método de “Pirólise” não foi encontrado em nenhuma das tecnologias utilizadas. Vale ressaltar que na análise científica anterior, essa tecnologia foi reportada nos artigos científicos mais recentes, o que pode justificar sua ausência nas patentes analisadas. Além disso, como já discutido, seu maior custo de operação quando comparado a outras tecnologias também ajuda a entender sua pouca utilização no setor agrícola (BURATTO et al., 2017). Por fim, não foi notada nenhuma nova tecnologia utilizada pelos *players* nas reivindicações de patentes selecionadas.

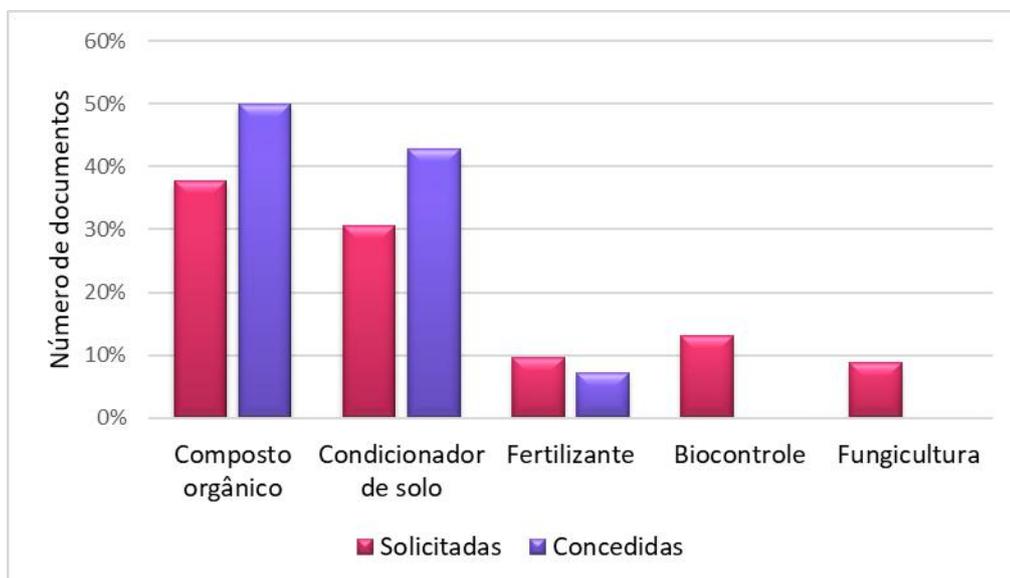
Como exemplo para a tendência observada, tem-se a patente concedida coreana KR 101801655B1 (2017) “*Composting Method Of Soil Conditioner And Food Waste Comprising Spent Coffee Ground Fermented By Microorganisms And Fermented Compost Made By The Same*” do aplicante *HK Global Co.*, que reivindicou um método de compostagem de grão de café e resíduos de alimentos com a finalidade de produzir um composto orgânico aplicável na indústria agrícola.

5.2.2.3 Aplicação

Assim como para os resultados encontrados nos artigos científicos, a forma de aplicação com maior destaque foi o “Composto orgânico”, mencionado em 38% das patentes solicitadas e 50% das patentes concedidas. Esse resultado era esperado, devido ao maior enfoque dos trabalhos em relação à tecnologia de compostagem.

A aplicação como “Condicionador de solo” representou 31% e 43% das patentes solicitadas e concedidas, respectivamente, como mostrado na Figura 33. Como “Fertilizante”, foi apresentado em 10% e 7%, tendo um maior destaque entre as patentes concedidas. Já a aplicabilidade como “Biocontrole” (13% patentes das solicitadas) e aproveitamento na “Fungicultura” (9% das patentes solicitadas) corresponderam à menor porção dos documentos, não sendo observados nas patentes concedidas. Nesta análise, não foi observada a aplicação de “*Biochar*” entre as patentes selecionadas como relevantes.

Figura 33: Aplicações dos resíduos de café – período de 1978 a Jul/2021.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *Lens* (2021).

Para a aplicação de composto orgânico, a patente concedida “*Composting Method Of Soil Conditioner And Food Waste Comprising Spent Coffee Ground Fermented By Microorganisms And Fermented Compost Made By The Same*” KR101801655B1 (2017), que reivindicou um método de compostagem de borra de café junto com outros resíduos alimentares para produzir um composto que fornece

nutrientes para os solos. Um outro exemplo é a patente depositada “*Compost For Tea Cultivation*” JP2020083684A (2020), em que foi reivindicado um método para produzir composto com finalidade para cultivo de chá para aumentar o crescimento da muda.

Um exemplo a ser mencionado para a aplicação condicionador de solo é a patente concedida “*Plant soil comprising mixture of dredged soil and coffee sludge*” KR101940248B1 (2019), onde foi reivindicado um método para o uso de borra de café em solo com objetivo de melhorar suas propriedades químicas para que seja capaz de cultivar plantas de forma eficiente. Já a patente solicitada “*Preparation Method Of Soil Conditioner For Qiyuehongli Pear Compound Fertilizer*” CN109181708A (2019), reivindicou um método de preparação de condicionador de solo também utilizando mistura de borra de café, casca de arroz e resíduo de mandioca.

Em relação a fertilizante, tem-se o depósito de patente “*Special Compound Organic Fertilizer For Coffee And Preparation Method Of Special Compound Organic Fertilizer*” (2017), que se refere a um método de preparação de fertilizante orgânico utilizando borra de café. Um outro exemplo é a patente solicitada “*Long-acting Flower Fertilizer*” (2017), onde foi reivindicado um método para produzir fertilizante para flores usando parte de sua preparação a borra de café, com objetivo de promover crescimento das flores, um maior período de floração e resistência a doenças.

Já para aplicação em biocontrole, tem-se a patente solicitada “*Preparation Method Of Liquid Medicine For Control Of Curcuma Zedoary Diseases And Insect Pests*” CN 110506762 A (2019), que apresenta um método de preparação de um líquido usando em partes borra de café, com objetivo de tratar pragas em plantações. A patente solicitada “*Special Leafy Vegetable Fertilizer For Preventing Insect Pest And Production Method Thereof*” CN104909953A (2015) também possuiu o mesmo foco e reivindicou um método de produção de um fertilizante vegetal para prevenir pragas de insetos, também utilizando em partes borra de café.

Por fim, com aplicabilidade em fungicultura, tem-se a patente solicitada “*Method For Cultivating High-quality Pleurotus Ostreatus By Virtue Of Coffee Residues*” CN106045639A (2016), que reivindica um método de cultivo de *Pleurotus ostreatus*, um cogumelo comestível, através da borra de café.

Em resumo, a aplicação de composto orgânico continua obtendo destaque tanto nas patentes concedidas quanto na patente depositadas, da mesma forma que foi verificado na etapa de análise dos artigos científicos, confirmando uma tendência para todos os estágios temporais.

5.3 Roadmap Tecnológico

Neste item serão apresentadas a construção e análise do *Roadmap* Tecnológico do aproveitamento do resíduo industrial do beneficiamento de café no setor agrícola, após o conhecimento dos principais aspectos acerca do tema e da prospecção tecnológica.

O *roadmap* tecnológico permite análises de prospecção tecnológica e mercadológica, exibindo as principais tecnologias atuais e possibilita identificar as tendências futuras de mercado. Além disso, o mapa tecnológico é relevante na visualização de *players* (empresas, universidades e centros de pesquisa), e também *clusters* de parcerias e de atuações em um mesmo foco (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016).

Nos itens a seguir, cada estágio temporal será analisado separadamente. Em seguida, serão identificados os principais *players* do setor e os principais focos dos documentos em cada horizonte temporal.

5.3.1 Estágio Atual

Na análise do Estágio atual é representado os *players* que já atuam no desenvolvimento de tecnologias para o aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola. Dentre eles, pode-se notar iniciativas de empresas pertencentes aos setores de produção de café, compostagem e fungicultura. O Quadro 11 apresenta a relação dos *players* selecionados para esse estágio temporal.

Quadro 11 - Relação dos players encontrados no Estágio Atual.

Player	País
<i>Coffee Composting</i>	EUA
<i>Compost Montreal</i>	Canadá
<i>Fungi Factory</i>	Holanda
<i>FungiFarm</i>	EUA
<i>Liamhub Inc</i>	Coreia do Sul
<i>Orga fertilizantes</i>	Brasil
<i>Rotterzwam</i>	Holanda

Quadro 11 - Relação dos players encontrados no Estágio Atual (cont.).

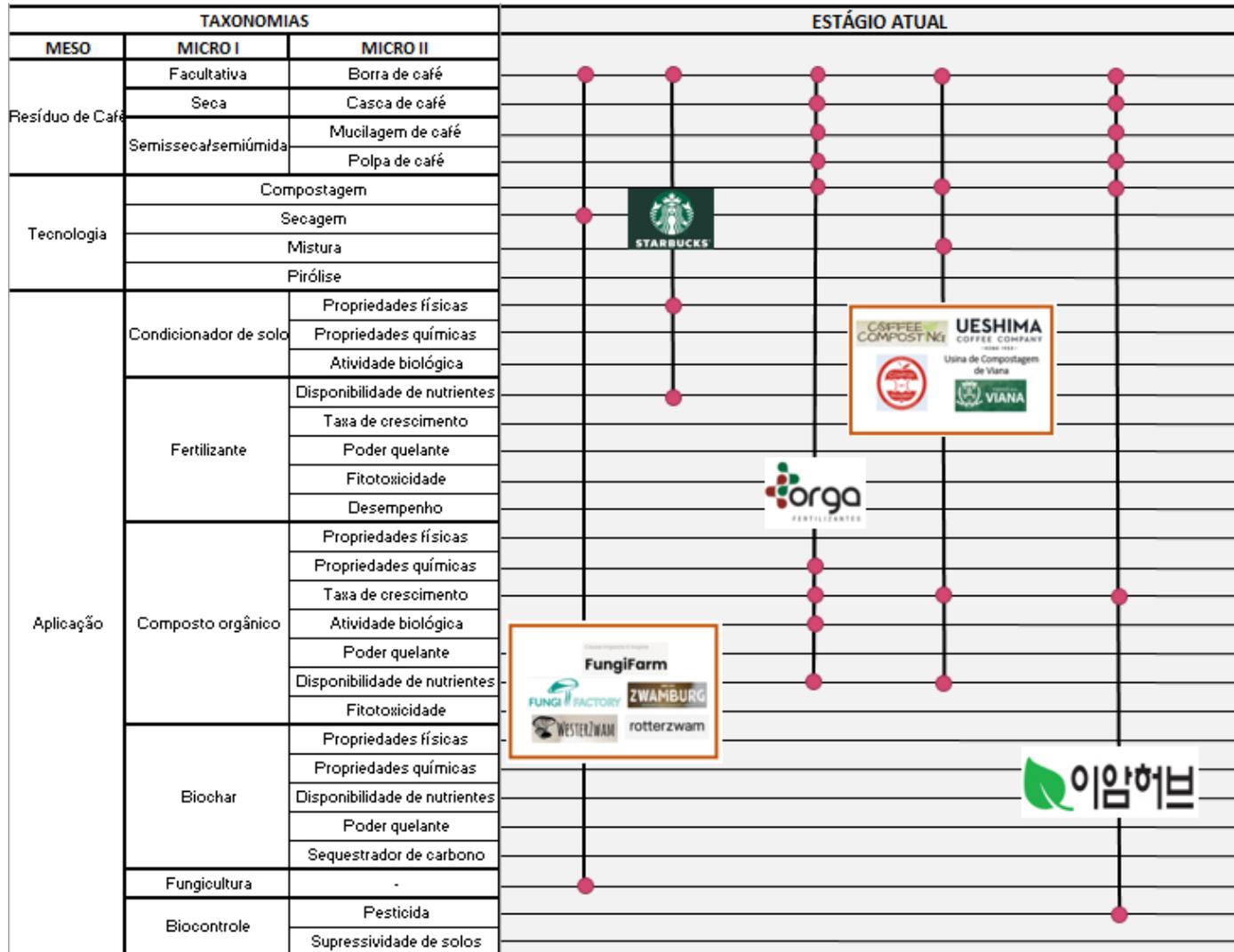
<i>Starbucks</i>	EUA
<i>Ueshima Coffee</i>	Japão
<i>Real Café</i>	Brasil
<i>Westerzwam</i>	Holanda
<i>Zwamburg</i>	Holanda

Fonte: Elaboração própria.

A Holanda apresentou maior predominância entre os *players* com ações atuais devido à grande presença de empresas relacionadas a produção cogumelo comestível em resíduos de café. Apesar de não ter apresentado destaque nas pesquisas de artigos e de patentes, a Holanda é um dos países europeus que mais consome café no mundo, o que pode justificar seu aparecimento nesse estágio temporal (CONAB, 2022). Em seguida, tem-se Brasil e EUA com 2 organizações cada, ambas com atuação na tecnologia de compostagem de resíduos para produzir composto orgânico. Além disso, as empresas foram encontradas em totalidade, como esperado para este estágio.

Na Figura 34, pode-se visualizar o recorte do estágio atual do *Roadmap*, onde foram identificados *players* individuais e também *clusters* de mesmo foco.

Figura 34: Estágio atual do *roadmap* tecnológico de aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola.



Fonte: Elaboração própria

Pode-se observar algumas tendências interessantes nesse estágio temporal. Por exemplo, a norte-americana “*Starbucks*” apresentou iniciativa nas aplicações de condicionador de solo e fertilizante e instituiu o programa “*Grounds For Your Garden*”, que disponibiliza gratuitamente sacos de borra de café, provenientes do consumo em suas lojas, para clientes que desejam melhorar os solos e enriquecer suas plantações. (STARBUCKS, 2021).

A empresa coreana “*Iiamhub Inc*” atua nesse estágio através da comercialização de um produto nomeado como “Composto de café”, preparado a partir da compostagem de resíduo industrial e da borra de café, que pode ser aplicado à agricultura interna e externa com aplicabilidade no crescimento de plantações, além do efeito repelente de insetos (IIAMHUB, 2021).

Dentre as empresas brasileiras listadas, pode-se destacar a “Real Café” que em parceria com a Prefeitura de Viana com e o instituto Incaper, criaram a Usina de Compostagem de Viana, com foco em promover a sustentabilidade produzindo e comercializando adubo para produtores rurais a partir da compostagem do resíduo da produção de café solúvel, o subproduto utilizado é doado pela Real Café. Além disso, a empresa se apresenta em *cluster* de mesmo foco de tecnologia de “compostagem” e aplicação de “composto orgânico” junto com a empresa norte-americana “Coffee Composting”, a canadense “*Compost Montreal*” e a japonesa “*Ueshima Coffee*”.

Já as empresas holandesas “*Rotterzwam*”, “*Zwamburg*”, “*Fungi Factory*”, “*Westerzwam*” e a americana “*FungiFarm*” atuam nesse estágio temporal através da comercialização de cogumelos comestíveis cultivados em borra de café. A “*Zwamburg*”, por exemplo, possui um serviço de coleta de borra de café de organizações que produzem pelo menos 50 kg de resíduo por mês para cultivo sustentável de cogumelos comestíveis e os comercializa de diversas formas (ZWAMBURG, 2022).

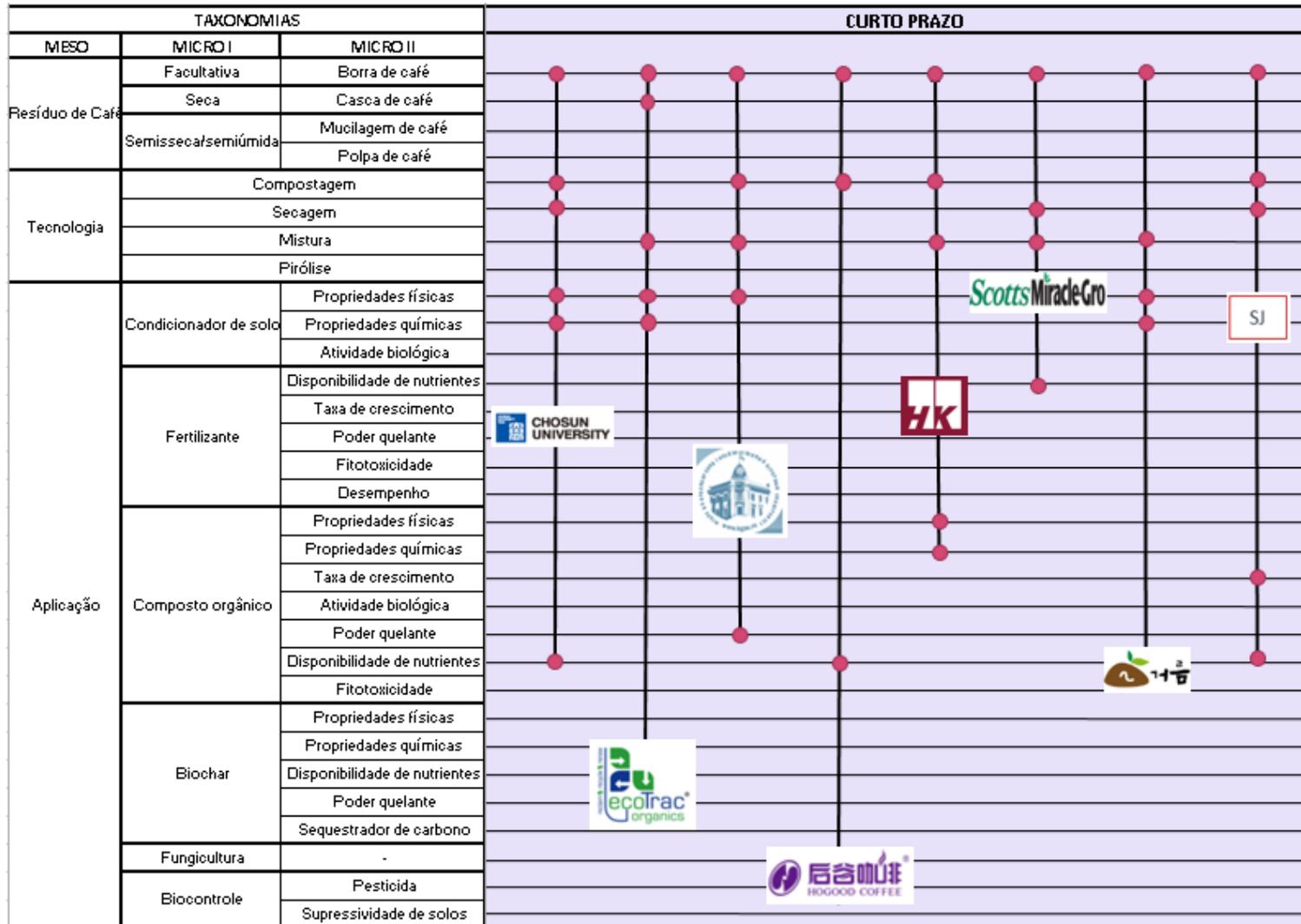
Vale destacar que foram encontradas diversas iniciativas de diferentes empresas que viabilizam o desenvolvimento de novas aplicações para os resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola. Entre elas, a “Real Café” apresenta um destaque no Brasil por ser uma grande empresa do setor cafeeiro e já realiza

parcerias com iniciativas em relação aos resíduos gerados em sua produção com foco no setor agrícola.

5.3.2 Curto Prazo

A Figura 35 apresenta o recorte desse estágio temporal, onde são mostrados os *players* identificados que reivindicam ações que são parte do escopo do estudo.

Figura 35: Curto Prazo do *roadmap* tecnológico de aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola.



Fonte: Elaboração própria

Nesse período observa-se majoritariamente a participação de grandes empresas, como a “*Dehong Hogood Co Ltd*”, “*Scotts Miracle-Gro Companye Georum Co Ltda.*” Também foi possível notar atuações de universidades como a sul-coreana “*Chosun University*” e a russa “*Krasnoyarsk State Agrarian University*”.

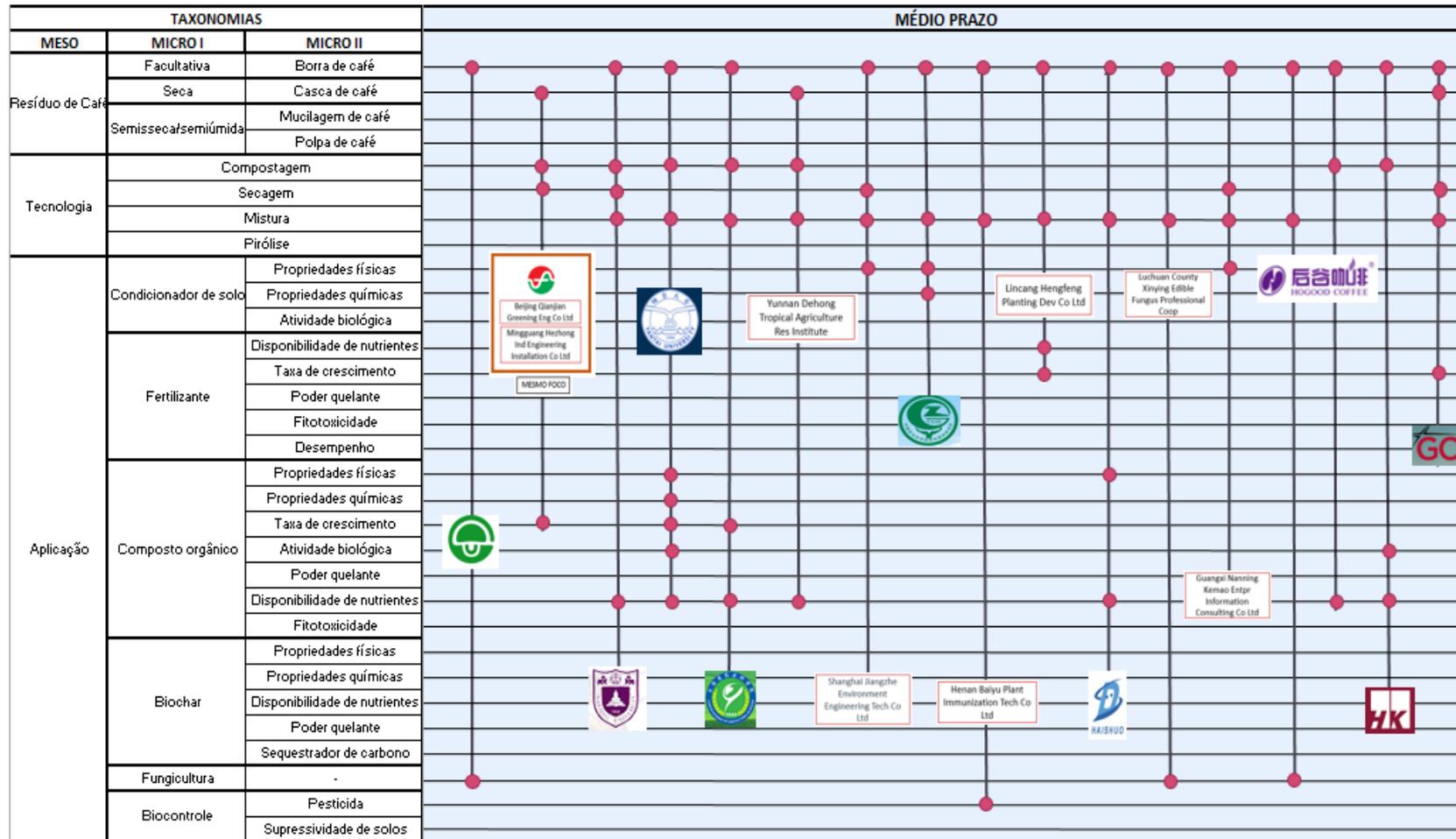
Dentre os *players*, pode-se destacar a chinesa “*Dehong Hogood Coffee Co Ltd.*”, uma empresa líder nacional no setor de produção de café solúvel (DEHONG HOGOOD COFFEE, 2021) que reivindicou um método de preparação de um composto orgânico utilizando borra de café (CN103351185B, 2014). Já a norte-americana “*OM Scott & Sons Company*” destaca-se por ser uma grande empresa multinacional que fabrica e comercializa produtos para gramados, jardins e controle de pragas (SCOTT'S MIRACLE GRO, 2021). Nesse estágio temporal, a empresa apresentou uma patente em que foi reivindicado um método de preparação e a composição de um fertilizante granular compreendendo borra de café (US4280830A, 1981).

Para o Curto Prazo, a maioria das patentes selecionadas utilizaram a borra de café como principal resíduo em seus trabalhos, com exceção de uma empresa que também utilizou a casca de café, a “*Ecotrac Organics Inc*”. Além disso, foi notada uma tendência para o uso da tecnologia de compostagem para a produção de compostos orgânicos. A presença das empresas “*Dehong Hogood Co Ltd*”, “*Scotts Miracle-Gro Company*” e “*Georum Co Ltda.*”, grandes empresas que possuem destaque nos setores de produção de café e de fertilizantes, sinalizam que a utilização de resíduos de café na agricultura tem relevância.

5.3.3 Médio Prazo

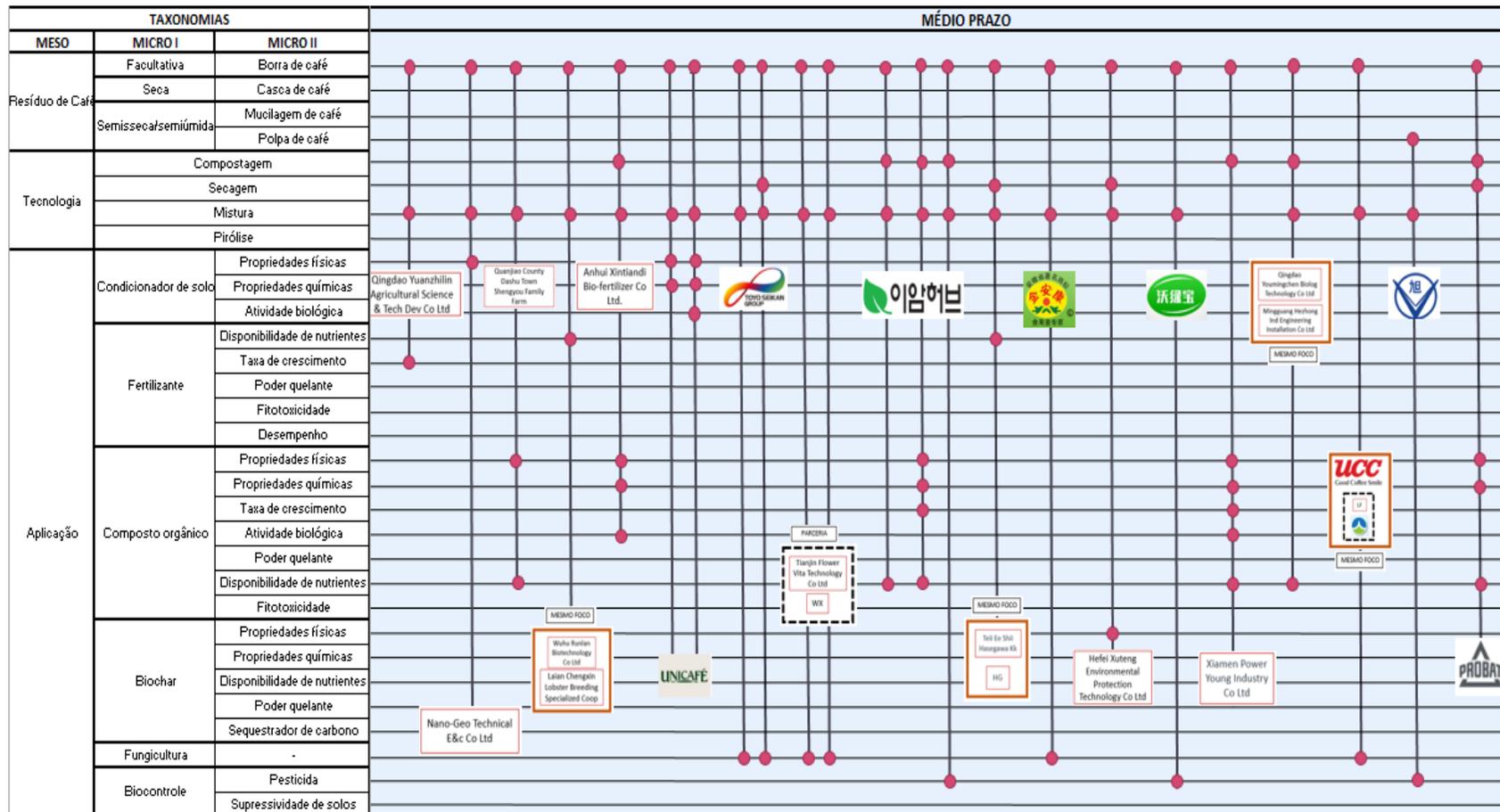
Nas Figuras 36 e 37 podem ser visto os recortes do Médio Prazo do *Roadmap* tecnológico, ilustrando *players* individuais ou em parcerias e *clusters* de mesmo foco, sendo empresas, universidades e Institutos de pesquisa.

Figura 36: Recorte 1 - Médio Prazo do *roadmap* tecnológico de aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola.



Fonte: Elaboração própria

Figura 37: Recorte 2 - Médio Prazo do roadmap tecnológico de aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola.



Fonte: Elaboração própria

Empresas do setor de produção de café, como as "*Ueshima Coffee Company*" e a "*Dehong Hogood Co Ltd.*", e de produção de fertilizantes como a "*Anhui Xintiandi Biological Fertilizer Co Ltd.*", apareceram nesse período. Também foi identificada uma menor participação das universidades e Institutos de pesquisa, como exemplo, tem-se a "*Yantai University*" e o "*Dehong Tropical Agriculture Research Institute of Yunnan*", ambos localizados na China.

A "*Ueshima Coffee Company*", que aparece também no Estágio Atual com foco em compostagem dos resíduos de café pós-consumo, atua no Médio Prazo voltada para a aplicação na fungicultura, onde apresentou um pedido de patente de um método de produção de um meio de cultivo de cogumelos constituindo resíduos de café (JP2004033005A, 2004).

Nesse estágio temporal foi possível notar mais de um depósito de patente de alguns *players*, como por exemplo, as empresas "*Dehong Hogood Co Ltd.*", "*Toyo Seikan Co Ltda.*", "*Tianjin Flower Vita Technology Co Ltd.*" e a "*UniCafe*", com 2 depósitos de patentes cada, além da empresa "*liamhub Inc*", com 3 depósitos.

Os depósitos de patente da coreana "*liamhub Inc*", que também foi apresentada no Estágio atual, tiveram foco em composto orgânico e em biocontrole. Dentre elas, há uma patente onde foi reivindicado um método para fabricação de composto para plantações utilizando borra de café e uma outra patente que se refere a um método de fabricação de composto inseticida usando também a borra de café (KR20150026742A, 2015; KR20150026743A, 2015).

A "*Dehong Hogood Co Ltd.*", também presente no Curto Prazo, está relacionada a pedidos de patentes com enfoque em métodos de preparação de composto orgânico e a método de cultivo referente à fungicultura (CN106045639A, 2016). Já a empresa japonesa "*Toyo Seikan Co Ltda.*" e a chinesa "*Tianjin Flower Vita Technology Co Ltd.*" apresentaram depósitos de patentes voltados também para a fungicultura, em que reivindicaram métodos de cultivo de cogumelos comestíveis (JP2006345799A, 2006; CN104541959A, 2015).

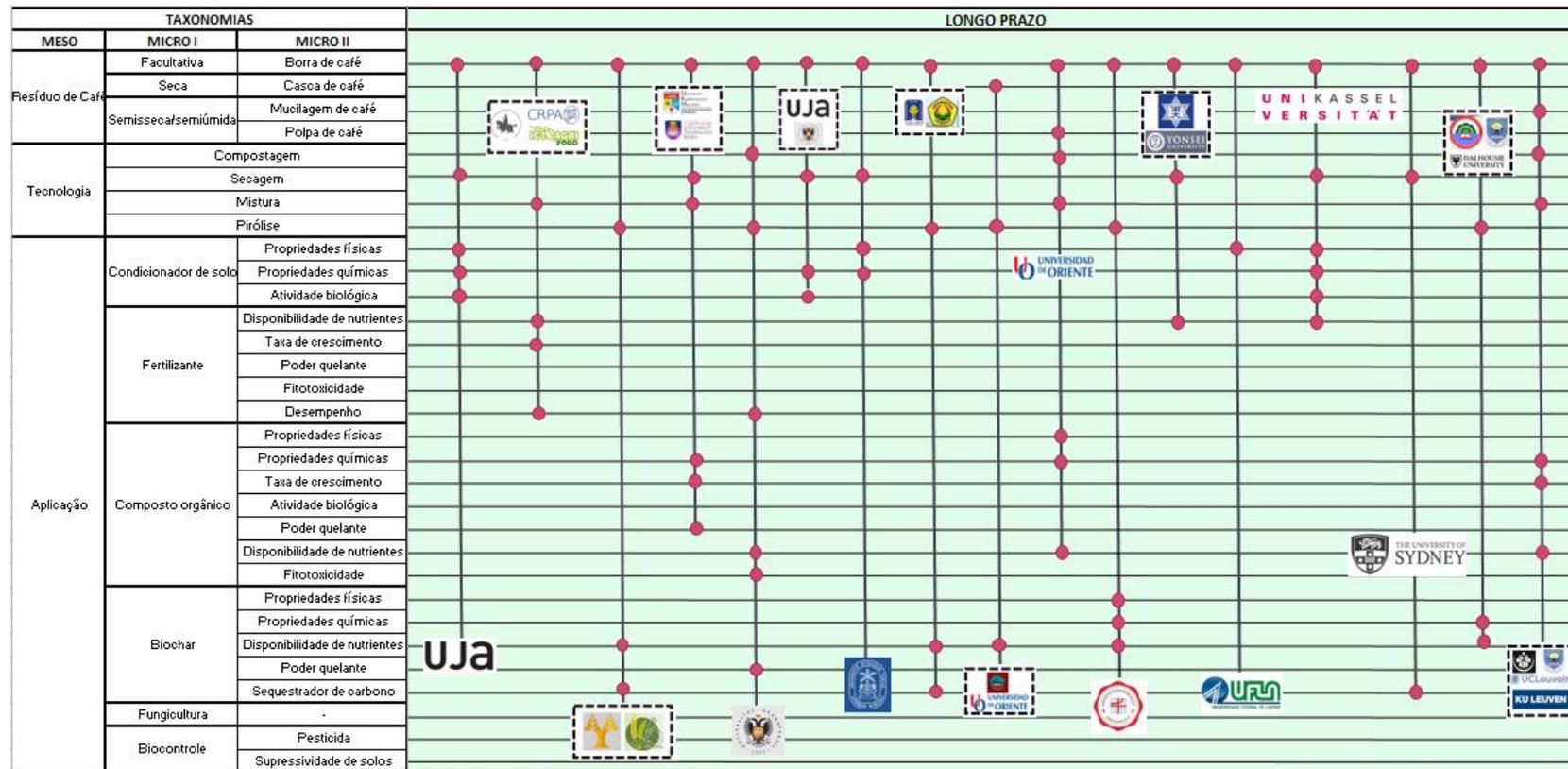
Os trabalhos desse estágio temporal utilizaram majoritariamente como principal tipo de resíduo a borra de café, além do método de compostagem para produção de composto orgânico. De modo geral, a empresa "*Dehong Hogood Co*

Ltd.” apresenta destaque por aparecer também no Curto Prazo e ser uma renomada indústria do setor cafeeiro. A “*Iamhub Inc*” e a “*Ueshima Coffee Company*” também apresentam relevância por estarem presentes no Estágio Atual.

5.3.4 Longo Prazo

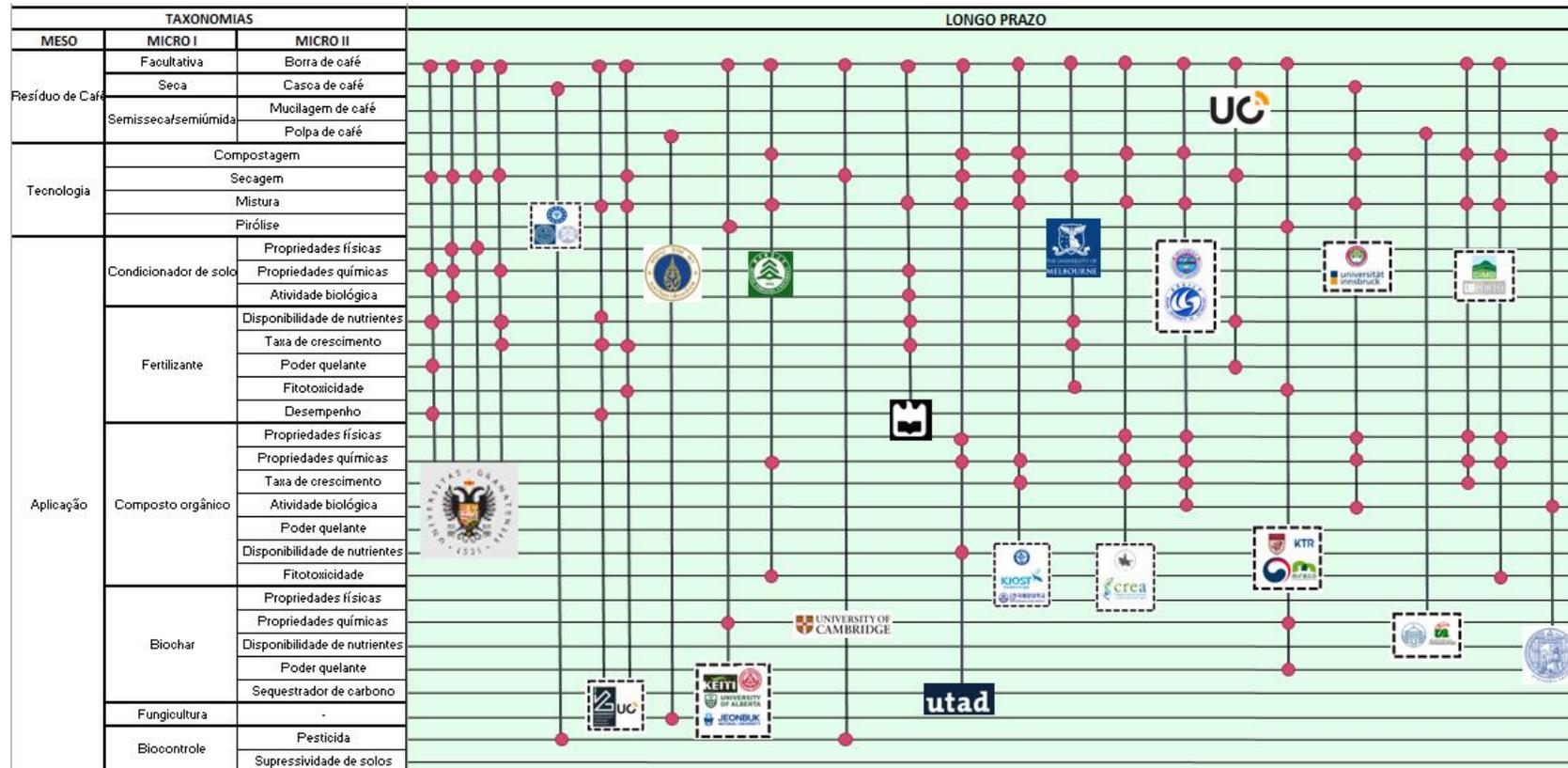
As Figuras 38, 39 e 40 mostram os recortes do Longo prazo do *Roadmap Tecnológico*, representando as pesquisas científicas que estão sendo desenvolvidas com foco da utilização do resíduo de café no setor agrícola.

Figura 38: Recorte 1 - Médio Prazo do *roadmap* tecnológico de aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola.



Fonte: Elaboração própria

Figura 39: Recorte 2 - Médio Prazo do *roadmap* tecnológico de aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de café no setor agrícola.



Fonte: Elaboração própria

Pode-se observar presença de universidades de variados países, assim como *clusters* de parcerias. As universidades como “*Universidad de Granada*” (Espanha), “*Opole University*” (Polônia), “*Porto University*” (Portugal), “Universidade Federal de Lavras” (Brasil), “*Universidad de Jaen*” (Espanha) e “Imperial College London” (Reino Unido) são destaques para esse estágio, apresentando mais de uma publicação cada.

Além disso, foram observadas participações de outras universidades brasileiras, como as “Universidade Federal do Acre”, “Universidade Estadual de Londrina” e “Universidade Federal do Paraná”, apresentando documentos tanto em parcerias e quanto individualmente.

A “*Universidad de Granada*”, que atuou individualmente em pesquisas, apresentou 5 trabalhos nesse estágio, com foco nas aplicações de fertilizante e em condicionador de solo. Essa universidade tem buscado investigar os efeitos da borra de café na melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos de cultivo agrícola, além de avaliar a disponibilidade de nutrientes, efeitos na taxa de crescimento das plantas e desempenho desse resíduo (COMINO et al., 2020).

A “*Universidad de Jaen*” publicou o trabalho mais recente (2021) dentre os selecionados como pertinentes e apresentou enfoque no uso da borra de café atuando como condicionador de solo (CERVERA-MATA et al., 2021). Além disso, realizou uma parceria com a “*Universidad de Granada*”, utilizando o mesmo tipo de resíduo e para a mesma finalidade (COMINO et al., 2020).

A portuguesa “*Porto University*” realizou também individualmente pesquisas voltadas para o uso de resíduos de café e a tecnologia de compostagem para produzir composto orgânico e avaliar seu uso em plantações de alface (CRUZ et al., 2012). Já a “*Opole University*” apresentou parcerias entre diferentes Institutos de pesquisa e buscou verificar a eficácia da utilização da borra de café na produção de fertilizantes, além de avaliar o nível de disponibilidade de nutrientes e a fitotoxicidade do seu uso nas plantações (CIESIELCZUK; ROSIK-DULEWSKA E WIŚNIEWSKA, 2015).

Já a “Universidade Federal de Lavras” publicou um artigo mais recente, em 2019, em que teve objetivo de examinar efeito da borra de café nas propriedades

físicas do solo (TUREK; FREITAS E ARMINDO, 2019). A instituição também publicou um artigo em parceria com a “Universidade Federal do Acre”, no qual buscou avaliar o efeito da utilização de extrato da casca de café a fim de evitar doenças causadas por fungos em plantações cafeeiras (PEREIRA et al., 2008).

A “*Universidad de Granada*” tem atuado em várias frentes na pesquisa da utilização do resíduo do café no setor agrícola, apresentando destaque para potencial de parceria para trabalhos futuros. No Brasil, a “Universidade Federal de Lavras” também é um *player* relevante produzindo pesquisas mais recentes, além disso, essa instituição possui uma Agência de Inovação do Café (InovaCafé), onde são desenvolvidos estudos, pesquisas e inovações voltados ao agronegócio do café (INOVACAFÉ, 2021).

5.4 Análise temporal do *Roadmap* tecnológico

A partir da análise do eixo horizontal do mapa é possível identificar os *players* que se repetem ao longo dos estágios temporais, sendo possível avaliar seus comportamentos referentes a diferentes taxonomias e suas trajetórias tecnológicas. Dentre os *players* observados, as empresas “*liamhub Inc*”, “*Dehong Hogood Co Ltd*”, “*Ueshima Coffee Company*” se repetiram ao longo dos estágios.

A “*liamhub Inc*” é uma empresa coreana voltada para tecnologia e recurso de P&D (IIAMHUB, 2021) atua no médio prazo de forma individual e já possui uma iniciativa no estágio atual com o produto “composto orgânico de café”.

A “*Ueshima Coffee Company*” é uma empresa japonesa que atua desde 1933 fabricando cafés e chás e lançou o primeiro café enlatado do mundo, o “*UCC Coffee with Milk*”, em 1969 (UESHIMA COFFEE, 2021). Essa organização atua no médio prazo, com uma solicitação de patente e atua no estágio atual com iniciativas em compostagem dos resíduos de café do pós-consumo (UESHIMA, 2021).

Por fim, a “*Dehong Hogood Co Ltd*”, uma empresa chinesa em expansão, mas já é líder nacional no setor de produção de café solúvel da China, suas tecnologias são importadas do Brasil e da Europa (DEHONG HOGOOD COFFEE, 2021). Atua no curto prazo com uma patente concedida e no médio prazo, apresentando 2 depósitos de patentes.

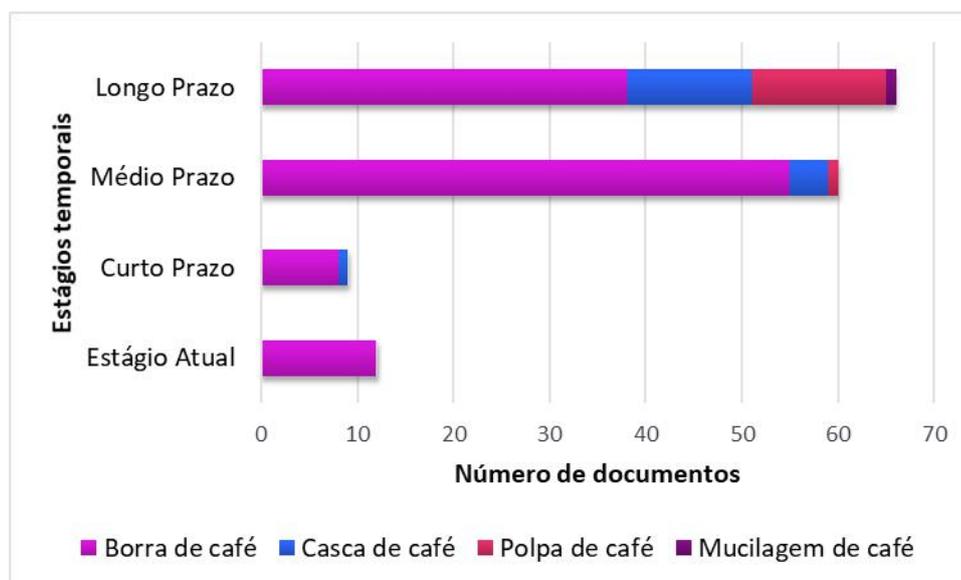
5.5 Análise horizontal

Nesta etapa do trabalho será apresentada a análise de acordo com os *players* e seu comportamento em relação às taxonomias ao longo do tempo. Todos os documentos selecionados, tanto artigos quanto patentes, estão classificados em todas as taxonomias Meso. Portanto, para melhor visualização da análise tecnológica e avaliação dos principais focos dos *players* em cada estágio, foram avaliadas as trajetórias temporais das classificações Micro 1 referentes a cada taxonomia Meso.

5.5.1 Resíduo de Café

A Figura 41 demonstra a distribuição temporal dos tipos de resíduos de café utilizados entre os *players*.

Figura 41: Análise temporal da taxonomia Micro I Resíduo de café.



Fonte: Elaboração própria

Foi possível observar uma maior preferência entre os *players* para o uso do resíduo “Borra de café” ao longo de todos os horizontes temporais, com destaque para o estágio atual em que foi o único tipo de resíduo mencionado dentre todas as iniciativas de empresas analisadas. Já para uso da “Casca de café” pode ser notada uma tendência crescente ao longo da linha temporal, apresentando maior evidência para os longos e médio prazos. A “Polpa de café” também apresentou um comportamento semelhante, sendo mencionada somente nos longo e médio prazos.

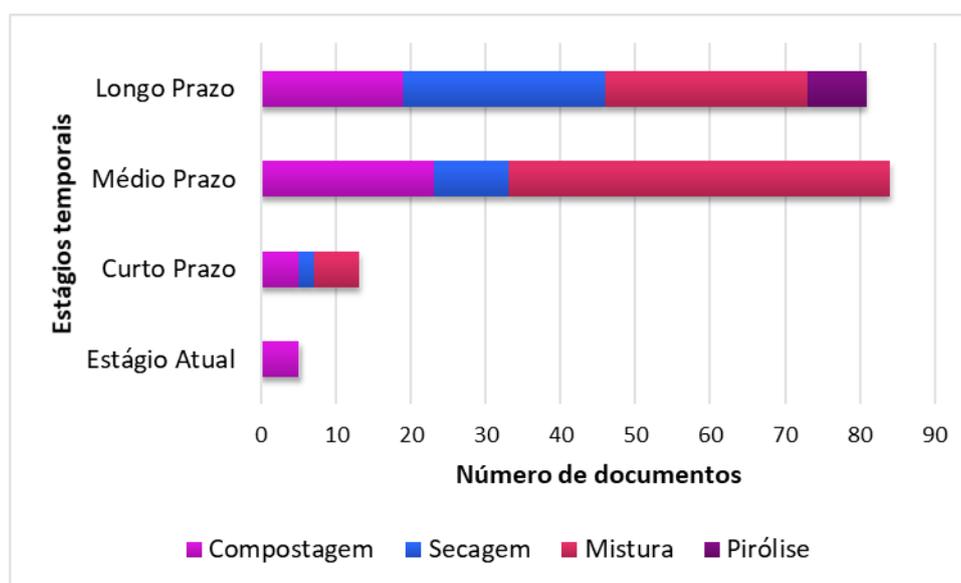
Por fim, a “Mucilagem de café” não apresentou grande relevância ao longo dos estágios, sendo verificado poucos documentos somente no longo prazo.

Este resultado demonstra uma tendência das organizações em utilizar preferencialmente a borra de café, que é um resíduo biológico de grande interesse devido a grande quantidade produzida no mundo, gerado tanto pelo consumo caseiro e comercial, como também na produção de café solúvel (COMINO et al., 2020).

5.5.2 Tecnologia

A Figura 42 mostra a evolução dos tipos de tecnologias utilizadas ao longo dos estágios temporais.

Figura 42: Análise temporal da taxonomia Micro I Tecnologias.



Fonte: Elaboração própria

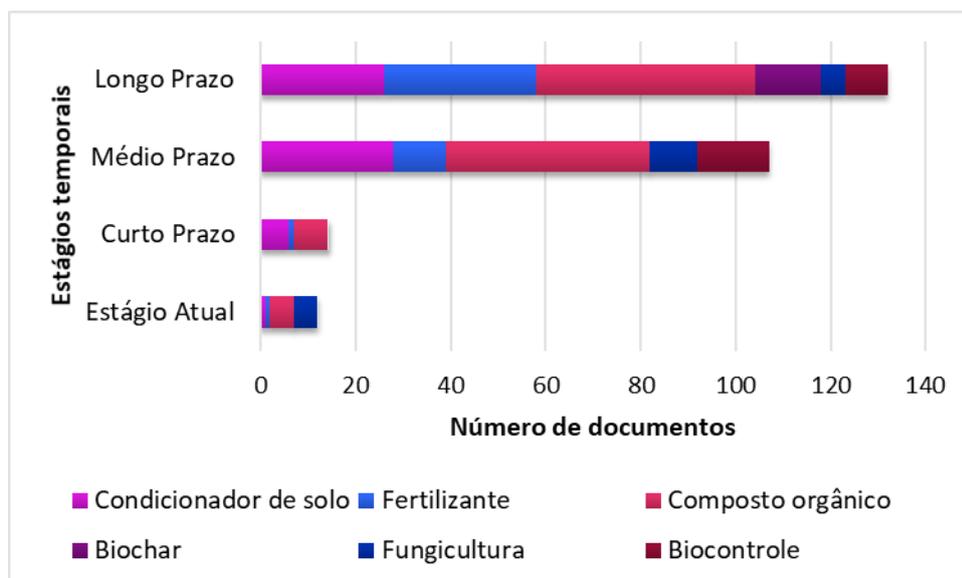
Para os tipos de tecnologias verificadas nos documentos, o método de “Compostagem” foi o único observado em todos os horizontes temporais, sendo também a única tecnologia mencionada no estágio atual. Essa preferência pode ser motivada pela compostagem ser uma forma eficiente e simples de transformar o resíduo de café em um produto eficiente para a agricultura. A compostagem além de ser um processo ecologicamente correto, também envolve a destruição de patógenos e produção de um produto estável rico em nutrientes que pode ser usado nas plantações (SANTOS et al., 2017; ZHANG; SUN, 2017)

Os processos de “Secagem” e de “Mistura” também obtiveram importância nos estágios, principalmente devido a possibilidade dessas tecnologias serem aplicadas em conjunto, podendo ser entre si ou com as demais técnicas apresentadas. Também foi possível observar o princípio da utilização do processo de “Pirólise” no longo prazo, ele permite converter resíduo lignocelulósico em produtos de alto valor, como o biochar (MILIAN-LUPERÓN et al., 2020). Portanto, este método é uma possível tendência para trabalhos futuros.

5.5.3 Aplicação

A Figura 43 apresenta a distribuição temporal com relação as aplicações utilizadas pelos *players*.

Figura 43: Análise temporal da taxonomia Micro I Aplicação.



Fonte: Elaboração própria

Foi possível notar um destaque para a aplicação de “Composto orgânico” que apresenta o maior número de citações em todos os estágios temporais. O composto orgânico é o resultado final da tecnologia de compostagem. Com isso, a predileção dos *players* para o composto pode ser explicada pelas vantagens da sua obtenção e da sua aplicabilidade em plantações, pois além da tecnologia utilizada para sua produção ser simples, o produto possui nutrientes e micronutrientes importantes para raízes das plantas e atua também como melhorador das propriedades do solo (SOSO et al., [s.d.]).

Para as aplicações como “Condicionador de solo” e “Fertilizante” observou-se uma diminuição no interesse ao longo do tempo, apresentando maior relevância nos longo e médio prazos. o que pode ser justificado pela preferência do uso do composto orgânico que abrange as funções tanto de melhoramento de solo como também de fornecimento de nutrientes para as plantas. Para “Biocontrole” foi notado um maior enfoque também nos longo e médio prazos, indicando que essa aplicação ainda se encontra em fase de pesquisa e desenvolvimento.

Em relação a “Fungicultura” foi observado um aumento de interesse ao longo do tempo, com destaque para o médio prazo e estágio atual. Já é possível encontrar *players* que utilizam a borra de café para o cultivo de cogumelos comestíveis, podendo ser uma tendência para o destino desses resíduos, como as empresas “Rotterzwam”, “Zwamburg”, “Fungi Factory”, “Westerzwam” e a “FungiFarm”.

Por fim, vale ressaltar o surgimento da aplicação do “Biochar” no longo prazo. Um estudo de caracterização realizada nesse produto indicou altos teores de carbono, cálcio, potássio, nitrogênio e compostos oxigenados, o que torna aceitável seu uso como fertilizante de solos, demonstrando um possível crescimento do seu uso em trabalhos futuros (MILIAN-LUPERÓN et al., 2020) .

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo a elaboração de um *roadmap* tecnológico do aproveitamento dos resíduos do beneficiamento do café no setor agrícola e através das análises dos artigos científicos, das patentes e das análises horizontal e dos *players*, foi possível identificar as principais tendências tecnológicas e mercadológicas relacionadas ao tempo.

O Japão, Coreia do Sul e EUA se apresentaram em todos os estágios temporais, o que pode indicar possíveis parcerias estratégicas, devido ao interesse desses grandes países importadores em agregar valor aos resíduos gerados pelo consumo do café.

A presença de grandes empresas principalmente do setor cafeeiro, como as “Real Café” (Brasil), “Ueshima Coffee” (Japão) e a “Dehong Hogood Coffee Co Ltd” (China), entres outras empresas de diferentes países demonstraram grande relevância do tema para o mercado mundial. Essas empresas já possuem iniciativas ou interesse no direcionamento correto dos resíduos sólidos gerados tanto no consumo quanto na produção de café.

No Brasil, a empresa do setor cafeeiro “Real Café” possui destaque por apresentar uma parceria com a prefeitura de Viana, no Espírito Santo, onde criaram “Usina de Compostagem de Viana”, com finalidade de fomentar a sustentabilidade, enviando os resíduos produzidos para produzir composto orgânico para agricultores. Dessa forma, pode ser visto que produtores nacionais também estão procurando soluções alternativas para o destino dos resíduos das suas produções de café. Esse mercado pode ser uma oportunidade para o Brasil explorar, visto que o país é o maior produtor mundial cafeeiro e gera grande quantidade de resíduos.

Pode-se notar o interesse pelo tema de empresas dos principais países consumidores de café, como EUA e Holanda. As empresas holandesas como as “Rotterzwam”, “Fungi Factory”, “Westerzwam” e “Zwamburg” se destacaram no Estágio Atual por possuírem grande foco na utilização da borra de café com aplicação para a fungicultura. Já nos EUA, observou-se, também no Estágio Atual, empresas com diferentes focos de aplicações, como na fungicultura (*Fungi Factory*),

em compostagem (*Coffee Composting*) e como condicionadores de solo e fertilizantes (*Starbucks*).

Além disso, foi notado também o interesse de centros de pesquisas e universidades, principalmente no longo prazo. Dentre as publicações de artigos científicos, o Brasil se apresentou em segundo lugar. Algumas universidades brasileiras se mostraram interessadas no tema, como a UEL, a UFAC, a UFPR, a UNIFESP e a UFLA. Esta ocorrência demonstra que o Brasil se interessa pelo tema estudado e as universidades citadas podem ser possíveis parceiras para o estudo e desenvolvimento de pesquisas na área.

Entre as universidades nacionais apresentadas, pode-se destacar a “Universidade de Lavras”, que possui parcerias com outras universidades do país desenvolvendo pesquisas relacionados ao assunto estudado. Essa universidade também possui uma Agência de Inovação do Café (InovaCafé), onde são desenvolvidos estudos, pesquisas e inovações voltados ao agronegócio do café, tornando-o um forte colaborador para trabalhos futuros.

Observa-se também a presença de *clusters* de parceria e de mesmo foco nos estágios temporais, apontando que há uma tendência evidente para os mesmos, havendo diferentes formas de utilização dos resíduos de café no setor agrícola.

Pode-se visualizar um grande interesse entre os *players* em utilizar a borra de café como o principal resíduos, com destaque tanto na pesquisa com artigos científicos quanto na busca de patentes. Uma tendência que pode ser evidenciada é o uso da tecnologia de compostagem em todos os tipos de resíduos, podendo ser utilizados de forma individual ou em misturas para este tipo de processo. Em consequência, as aplicações às quais os resíduos mais se destinam são o de composto orgânico, obtendo maior relevância de menções no curto, médio e longo prazos.

A aplicação dos resíduos para produzir *biochar* com foco em melhoramento do solo e fertilizantes, produzido através da tecnologia de pirólise, demonstra o surgimento de uma nova tecnologia que pode ser aplicada no setor agrícola, se apresentando somente no longo prazo, o que pode evidenciar uma possível tendência para os próximos anos.

Em síntese, o estudo de prospecção tecnológica junto com a ferramenta de *roadmap* auxiliou na identificação de tendências de tecnologias e de mercado para o aproveitamento do resíduo do beneficiamento do café no setor agrícola. Foi possível verificar que o interesse pelo tema proposto está em crescimento, principalmente pelo surgimento de novas tecnologias a longo prazo, mostrando que é possível a valorização desses tipos de resíduos por meio de novas aplicações, assim como o aumento da sustentabilidade do processo.

Referências

AMPARO, K. K.; RIBEIRO, M. C. O.; GUARIEIRO, L. L. N. Estudo de caso utilizando mapeamento de prospecção tecnológica como principal ferramenta de busca científica. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v. 17, n. 4, p. 195-209, 2012.

BADOCHA, T. E.; COSTA, R. S. C.; LEONIDAS, F. C. Casca de Café: um importante insumo para a agricultura orgânica. In: *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, 3., 2003, Porto Seguro-BA. *Anais do III Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Porto Seguro, 2003.

BORSHIVER, S.; LEMOS, A. *Technology Roadmap - planejamento estratégico para alinhar mercado-produto-tecnologia*. [S.l.]: Editora intercencia, 2016.

ASFAW, E. et al. Coffee-husk biochar application increased AMF root colonization, P accumulation, N₂ fixation, and yield of soybean grown in a tropical Nitisol, southwest Ethiopia. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 182, n. 3, p. 419–428, 1 jun. 2019.

BALEM, T.; ALVES, E.; SCHMELING, G. OS DESAFIOS DA PRODUÇÃO AGROECOLÓGICA E DA CONSTRUÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA DE MERCADO DE CIRCUITO CURTO ATRAVÉS DA ENTREGA DOMICILIAR DE PRODUTOS. [s.l: s.n.].

BERNARDINO, M. *COMPORTAMENTO E ECOTOXICOLOGIA DE PESTICIDAS EM SOLOS DO CERRADO*. [s.l: s.n.].

BURATTO, W. G. et al. Análise técnica e econômica da tecnologia de pirólise lenta de resíduos de saúde para geração de eletricidade em Lages-SC. *Latin American Journal of Energy Research*, v. 4, n. 1, p. 10–16, 27 ago. 2017.

CAMPOS, R. C. et al. New sustainable perspectives for “Coffee Wastewater” and other by-products: A critical review *Future Foods* Elsevier B.V., 1 dez. 2021.

CARRASCO-CABRERA, C. P.; BELL, T. L.; KERTESZ, M. A. Caffeine metabolism during cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) with spent

coffee grounds. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 103, n. 14, p. 5831–5841, 20 jul. 2019.

CASTAÑO, M. I. L.; JANNOURA, R.; JOERGENSEN, R. G. Coffee mucilage impact on young coffee seedlings and soil microorganisms. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 182, n. 5, p. 782–790, 1 out. 2019.

CERVERA-MATA, A. et al. Impact of spent coffee grounds as organic amendment on soil fertility and lettuce growth in two Mediterranean agricultural soils. *Archives of Agronomy and Soil Science*, v. 64, n. 6, p. 790–804, 2018.

CERVERA-MATA, A. et al. Short-term effects of spent coffee grounds on the physical properties of two Mediterranean agricultural soils. *International Agrophysics*, v. 33, n. 2, p. 205–216, 2019.

CERVERA-MATA, A. et al. Spent coffee grounds improve the nutritional value in elements of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and are an ecological alternative to inorganic fertilizers. *Food Chemistry*, v. 282, p. 1–8, 1 jun. 2019.

CERVERA-MATA, A. et al. Phytotoxicity and chelating capacity of spent coffee grounds: Two contrasting faces in its use as soil organic amendment. *Science of the Total Environment*, v. 717, 15 maio 2020.

CERVERA-MATA, A. et al. Hydrophobicity and surface free energy to assess spent coffee grounds as soil amendment. Relationships with soil quality. *Catena*, v. 196, 1 jan. 2021.

CHILOSI, G. et al. Suppression of soil-borne plant pathogens in growing media amended with espresso spent coffee grounds as a carrier of *Trichoderma* spp. *Scientia Horticulturae*, v. 259, 3 jan. 2020.

CIESIELCZUK, T. et al. Acute Toxicity of Experimental Fertilizers Made of Spent Coffee Grounds. *Waste and Biomass Valorization*, v. 9, n. 11, p. 2157–2164, 1 nov. 2018.

CIESIELCZUK, T. et al. Assessment of effectiveness of organo-mineral fertilizer made of coffee spent grounds and biomass ash. *Journal of Ecological Engineering*, v. 20, n. 2, p. 73–78, 2019.

CIESIELCZUK, T.; ROSIK-DULEWSKA, C.; WIŚNIEWSKA, E. Possibilities of Coffee Spent Ground Use as a Slow Action Organo-mineral Fertilizer. [s.l: s.n.].

CLARIVATE ANALYTICS, 2021. Disponível em: <http://images.webofknowledge.com/WOKRS5132R4.2/help/pt_BR/WOK/hp_database.html#dsy366-TRS_wos>. Acesso em 15 de janeiro 2022.

COMINO, F. et al. Short-term impact of spent coffee grounds over soil organic matter composition and stability in two contrasted Mediterranean agricultural soils. *Journal of Soils and Sediments*, v. 20, n. 3, p. 1182–1198, 1 mar. 2020.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento, 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br>>. Acesso em 20 de janeiro 2022.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2022. Disponível em: <conama.mma.gov.br>. Acesso em 20 de janeiro 2022.

CRUZ, R. et al. Carotenoids of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown on soil enriched with spent coffee grounds. *Molecules*, v. 17, n. 2, p. 1535–1547, fev. 2012a.

DADI, D. et al. Composting and co-composting of coffee husk and pulp with source-separated municipal solid waste: a breakthrough in valorization of coffee waste. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, v. 8, n. 3, p. 263–277, 1 set. 2019.

DURÁN, C. A. A. et al. Coffee: General aspects and its use beyond drink. *Revista Virtual de Química Sociedade Brasileira de Química*, 1 jan. 2017.

EFTHYMIPOULOS, I. et al. Effect of Solvent Extraction Parameters on the Recovery of Oil from Spent Coffee Grounds for Biofuel Production. *Waste and Biomass Valorization*, v. 10, n. 2, p. 253–264, 15 fev. 2019.

EL-AZAZY, M.; EL-SHAFIE, A. S.; MORSY, H. Biochar of spent coffee grounds as per se and impregnated with tio₂: Promising waste-derived adsorbents for balofloxacin. *Molecules*, v. 26, n. 8, 2021.

FAN, L. et al. EFFECT OF CAFFEINE AND TANNINS ON CULTIVATION AND FRUCTIFICATION OF PLEUROTUS ON COFFEE HUSKS. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 37, p. 420–424, 2006.

GUARÇONI, A.; FANTON, C. J. Granite processing waste as an alternative fertilizer for the coffee crop. *Revista Ciência Agronômica*, v. v. 42, n. n. 1, p. 16–26, 2011.

HOSEINI, M. et al. Coffee by-products derived resources. A review *Biomass and Bioenergy* Elsevier Ltd, 1 maio 2021.

ICO, Internacional Coffee Organization, 2021. Disponível em: <<http://www.ico.org/prices/po-production.pdf>>. Acesso em 20 de janeiro 2022.

ICO, Internacional Coffee Organization, 2022. Disponível em: <<http://www.ico.org/prices/po-production.pdf>>. Acesso em 23 de janeiro 2022.

INOVACAFÉ, Universidade Federal de lavras, 2021. Disponível em: <<http://www.inovacafe.ufra.br/>>. Acesso em 20 de janeiro 2022.

JANISSEN, B.; HUYNH, T. Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review *Resources, Conservation and Recycling* Elsevier B.V., , 2018.

KASONGO, R. K. et al. Coffee waste as an alternative fertilizer with soil improving properties for sandy soils in humid tropical environments. *Soil Use and Management*, v. 27, n. 1, p. 94–102, mar. 2011.

KASONGO, R. K. et al. Response of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) to coffee waste application on a humid tropical sandy soil. *Soil Use and Management*, v. 29, n. 1, p. 22–29, mar. 2013.

KIM, M. S. et al. The effectiveness of spent coffee grounds and its biochar on the amelioration of heavy metals-contaminated water and soil using chemical and biological assessments. *Journal of Environmental Management*, v. 146, p. 124–130, 15 dez. 2014.

LAURETT, R.; PAÇO, A.; MAINARDES, E. W. Measuring sustainable development, its antecedents, barriers and consequences in agriculture: An exploratory factor analysis. *Environmental Development*, v. 37, 1 mar. 2021.

LIMA, L. et al. Use of waste derived from roasting coffee in agriculture replacing conventional fertilization. *ACSA*, v. 10, n. 1, p. 14–19, jan. 2014.

LIU, K.; PRICE, G. W. Evaluation of three composting systems for the management of spent coffee grounds. *Bioresource Technology*, v. 102, n. 17, p. 7966–7974, 2011.

LOPEZ, J. C. C.; BHAKTIKUL, K. Cultivation of oyster mushroom (*pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.) using coffee waste and pulp to mitigate caffeine and pulp related pollution. *Bangladesh Journal of Botany*, v. 47, n. 4, p. 887–892, 1 dez. 2018.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/>>. Acesso em 26 de janeiro 2022.

MACHADO, A. Cultivo integrado do cogumelo *Pleurotus ostreatus* e tomate (*Solanum lycopersicum*). [s.l: s.n.].

MEIRELLES, F. DE et al. *Olericultura Orgânica - COMPOSTAGEM*. [s.l: s.n.].

MILIAN-LUPERÓN, L. et al. Obtaining bioproducts by slow pyrolysis of coffee and cocoa husks as suitable candidates for being used as soil amendment and source of energy. *Revista Colombiana de Química*, v. 49, n. 2, p. 23–29, 1 maio 2020.

MIRANDA, R. RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA DO CAFÉ COMO CONDICIONADORES DE SOLO E FONTE DE NITROGÊNIO PARA AS PLANTAS. Campinas, SP: [s.n.].

MOHD NOOR KEEFLEE, S. N. K. et al. Growth and metal uptake of spinach with application of co-compost of cat manure and spent coffee ground. *Heliyon*, v. 6, n. 9, 1 set. 2020.

MURTHY, P. S.; MADHAVA NAIDU, M. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition - A review *Resources, Conservation and Recycling*, set. 2012.

ONSANDO, J. M.; WAUDO, S. W. Effect of coffee pulp on *Trichoderma* spp. in Kenyan tea soils. *Tropical Pest Management*, v. 38, n. 4, p. 376–381, 1 jan. 1992.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2021. Disponível em: <<https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>>. Acesso em 26 de janeiro 2022.

OZILDO, J. et al. ORGANIC AGRICULTURE AND SUSTENTABILITY. Pombal, PB, Brasil: [s.n.].

PEREIRA DE OLIVEIRA, I. et al. Cultura de café: histórico, classificação botânica e fases de crescimento 1Revista Faculdade Montes Belos. [s.l: s.n.].

PEREIRA, L. et al. PRODUÇÃO DE BIOCHAR A PARTIR DA PIRÓLISE DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS. 2016.

PEREIRA, R. B. et al. Extrato de casca de café, óleo essencial de tomilho e acibenzolar-S-metil no manejo da cercosporiose-do-cafeeiro. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, v. 43, n. 10, p. 1287–1296, out. 2008.

PIRES, E. A.; RIBEIRO, N. M.; QUINTELLA, C. M. Sistemas de Busca de Patentes: análise comparativa entre Espacenet, Patentscope, Google Patents, Lens, Derwent Innovation Index e Orbit Intelligence Patent Search Systems: Comparative Analysis Between Espacenet, Patentscope, Google Patents, Lens, Derwent Innovation Index and Orbit Intelligence. Cadernos de Prospecção, v. 13, p. 13–29, 2020.

PIRES, I.; FERRÃO, G. Compostagem no Brasil sob a perspectiva da legislação ambiental. REVISTA TRÓPICA: Ciências Agrárias e Biológicas, v. 09, n. 01, p. 01–18, 2017.

PROBERT, D. R.; FARRUKH, C. J. P.; PHAAL, R. Technology roadmapping - Developing a practical approach for linking resources to strategic goals. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture. Anais...2003.

RONGA, D. et al. Valorization of spent coffee grounds, biochar and other residues to produce lightweight clay ceramic aggregates suitable for nursery grapevine production. Horticulturae, v. 6, n. 4, p. 1–13, 1 dez. 2020.

SANTOS, C. et al. Effect of different rates of spent coffee grounds (SCG) on composting process, gaseous emissions and quality of end-product. Waste Management, v. 59, p. 37–47, 1 jan. 2017.

SANTOS, É. M. DOS et al. Coffee by-products in topical formulations: A reviewTrends in Food Science and TechnologyElsevier Ltd, , 1 maio 2021.

SETIAWAN, F. A. et al. Slow release fertilizer production from coffee spent ground: A preliminary study. AIP Conference Proceedings. Anais...American Institute of Physics Inc., 26 out. 2020.

SHEMEKITE, F. et al. Coffee husk composting: An investigation of the process using molecular and non-molecular tools. Waste Management, v. 34, n. 3, p. 642–652, mar. 2014.

SILVEIRA, T. G. L. DE O. J. F. R. L. Técnicas de produção de fertilizantes e inseticidas naturais. [s.d.].

SOARES, L. DE S. et al. Use of waste coffee grounds and sawdust in briquettes molding and evaluation of properties. Revista Materia, v. 20, n. 2, p. 550–560, 8 jul. 2015.

SOSO, L. et al. Apoio acadêmico dos estudantes do curso de Agronomia da UCS Compostagem O que é? [s.l: s.n.].

STYLIANOU, M. et al. Physicochemical and structural characterization of biochar derived from the pyrolysis of biosolids, cattle manure and spent coffee grounds. Journal of the Energy Institute, v. 93, n. 5, p. 2063–2073, 1 out. 2020.

TANGMANKONGWORAKOON, N. An approach to produce biochar from coffee residue for fuel and soil amendment purpose. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, v. 8, p. 37–44, 1 dez. 2019a.

THLIGENE, N. et al. Effect of coffee silver skin and brewers' spent grain in the control of root-knot nematodes. Helminthologia (Poland), v. 56, n. 1, p. 30–41, 2019.

TUREK, M. E.; FREITAS, K. S.; ARMINDO, R. A. Spent coffee grounds as organic amendment modify hydraulic properties in a sandy loam Brazilian soil. Agricultural Water Management, v. 222, p. 313–321, 1 ago. 2019.

ULSIDO, M. D.; LI, M. Effect of organic matter from coffee pulp compost on yield response of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) in Ethiopia. Engineering for Rural Development, v. 2016- Janua, p. 1339–1347, 2016.

VEGRO, C.; CARVALHO, F. DISPONIBILIDADE E UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSAMENTO AGROINDUSTRIAL DO CAFÉ. [s.l: s.n.].

VELA-CANO, M. et al. Bacterial community structure of two Mediterranean agricultural soils amended with spent coffee grounds. *Applied Soil Ecology*, v. 137, p. 12–20, 1 maio 2019.

VELÁZQUEZ-CEDEÑO, M.; MATA, G.; SAVOIE, J.-M. Waste-reducing cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* on coffee pulp: changes in the production of some lignocellulolytic enzymes. [s.l: s.n.].

ZHANG, L.; SUN, X. Using cow dung and spent coffee grounds to enhance the two-stage co-composting of green waste. *Bioresource Technology*, v. 245, p. 152–161, 2017a.