ÍNDICE DE IMPACTO AMBIENTAL A PARTIR DA ADOÇÃO DE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO DE CAFÉS ESPECIAIS

Patrícia Morais da Matta Campbell[1]; Jean Gomes de Moraes[2]; Tássio da Silva de Souza[3]; Maria Catarine Pedroza Nunes[4]; Daniel Saraiva Lopes[5]; Bruno Campbell de Azevedo[6]

Resumo – A cada dia, o mercado consumidor tem se mostrado mais exigente quanto à qualidade dos alimentos. Com isso, muitos produtores têm se deparado com uma forte demanda por cafés especiais. Para obtenção desses cafés de qualidade superior, é de extrema necessidade a adequação das práticas agronômicas a fim de atender aos critérios de qualidade exigidos em protocolos de classificação e ambientais. O trabalho foi realizado em 30 propriedades que não produziam, até então, grãos especiais. Foram determinados em cada propriedade um talhão de 3.000 plantas. Definido o local, foi procedida à coleta de solo na camada 0–20 cm, para análise química e física. Os talhões foram acompanhados desde os tratos culturais até a secagem dos grãos. Foi realizada a análise sensorial de todos os lotes de cafés. Posteriormente, foi realizada a avaliação do impacto ambiental, por meio do Sistema de Avaliação do Impacto Ambiental de Inovações Tecnológicas Agropecuárias. Vinte e três propriedades conseguiram produzir pelo menos um lote de cafés especiais. O índice de impacto ambiental se mostrou positivo para 29 propriedades, com valor acima de 1, e média de 1,55, com inferências positivas, principalmente nos atributos: uso de agroquímicos, conservação ambiental e recuperação ambiental. Com isso, conclui-se que a tecnologia de produção de cafés especiais foi eficiente para melhorar o desempenho ambiental das propriedades avaliadas.

Palavras-chaves: Impacto Ambiental. Cafés Especiais. Sustentabilidade.

ENVIRONMENTAL IMPACT INDEX BASED ON THE ADOPTION OF SPECIALTY COFFEE PRODUCTION TECHNIQUES

Abstract – Every day, the consumer market has been more demanding food quality. As a result, many producers are facing a strong demand for specialty coffees. To obtain these superior-quality coffees, one needs to adapt agronomic practices to meet the quality criteria required in classification and environmental protocols. We carried out a work on 30 properties that had not produced special grains until then. We determined a plot of 3,000 plants in each property. Once we had chosen the location, soil was collected in the 0–20 cm layer for chemical and physical analysis. The plots were monitored from the cultural treatments to the drying of the grains. We carried out a sensory analysis on all coffee lots. Subsequently, the environmental impact was assessed using the System for Assessing the Environmental Impact of Agricultural Technological Innovations. Twenty-three producers managed to produce at least one batch of specialty coffees. The environmental impact index was positive for 29 properties, with a value above 1, and an average of 1.55, with positive inferences mainly in the following attributes: use of agrochemicals, environmental conservation, and environmental recovery. Therefore, we concluded that the production technology for specialty coffee has effectively improved the environmental performance of the properties evaluated.

Keywords: Environmental Impact. Specialty Coffees. Sustainability.

[1] D.Sc. Ciências Ambientais e Florestais, Extensionista Incaper, patricia.campbell@incaper.es.gov.br
[2] M.Sc. Produção Vegetal, Extensionista Incaper
[3] M.Sc. Agroecologia, Extensionista Incaper
[4] Graduanda em Medicina Veterinária, Bolsista Fapes
[5] Mestrando em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital)
[6] M.Sc. Agroecologia, Fiscal Idaf

INTRODUÇÃO

O café é classificado comercialmente como uma *commodity* agrícola, com destaque em transações internacionais, bem como na oferta nacional, em termos de quantidade e valor. Os principais fornecedores estão localizados nos países em desenvolvimento (Lima *et al.*, 2020), e tal grão é um produto de extrema importância para a economia brasileira. O Brasil é o maior produtor e exportador de café no mundo, além de ser o segundo maior consumidor. A cultura ocupa, no país, uma área de 2 milhões de hectares (ha), com aproximadamente 300 mil produtores que são, em sua maioria, agricultores familiares (Mapa, 2017).

Os produtores estão distribuídos em 1.900 municípios localizados nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso, Amazonas e Pará (Mapa, 2017). Nessas regiões, as espécies cultivadas são *Coffea arábica* e *Coffea canephora*. O Espírito Santo, por sua vez, destaca-se como o segundo maior produtor brasileiro de café. A cultura é a principal fonte de renda de 80% dos municípios capixabas, envolvendo aproximadamente 130 mil famílias (Ferrão *et al.*, 2017), que possuem propriedades predominantemente pequenas, de área média de 5 ha a 6 ha (Conab, 2019).

No que diz respeito à cadeia dos cafés especiais, desde a década de 1990, a ascensão do movimento do café especial criou um segmento importante para o mercado cafeeiro. Os consumidores procuram marcas, origens e sabores especiais e estão dispostos a pagar preços mais altos por essas qualidades, o que leva ao surgimento de um novo nicho de mercado (Dias *et al.*, 2018). Em geral, os consumidores estão dispostos a consumir independentemente da volatilidade dos preços, que é um fenômeno comum no mercado do café (Lima *et al.*, 2020).

No Brasil, os critérios utilizados para classificar os grãos de café incluem aspectos físicos, como tamanho, cor e presença de defeitos nos grãos, além das características sensoriais da própria bebida. A presença de grãos defeituosos durante o processamento e torrefação contribui para os sabores desagradáveis e reduzem a qualidade geral do copo (Casas et al., 2017). Apesar dos aspectos físicos, o critério de qualidade mais importante usado para avaliar os cafés arábicas brasileiros é a degustação ou classificação por tipo de bebida (Ribeiro *et al.*, 2012).

São muitos os aspectos que interferem na produção de um café de qualidade superior, tanto fatores externos, como a umidade, índices pluviométricos e tipo de solo, quanto o manejo aplicado. Lazzarini e Moraes (1958) já mostravam que processos de colheita e pós-colheita adequados são fundamentais para a obtenção de uma bebida de boa qualidade. Pereira *et al.* (2020) ressaltam que as interações entre fatores edafoclimáticos, formas de processamento, secagem, armazenamento e torrefação afetam diretamente os resultados sensoriais.

DonFrancesco, Guzman e Chambers (2019) corroboram que as propriedades sensoriais do café dependem de vários fatores, como as espécies/variedades cultivadas, o processamento após a fase de colheita, a origem geográfica e os fatores climáticos, ainda sugerem que o impacto dos microclimas é crítico para as propriedades sensoriais do café. Os defeitos ocorrem devido a efeitos genéticos ou fisiológicos; ou por falhas em processos agrícolas, como fertilização, problemas com pragas e doenças, além de danos causados por secas e geadas; ou outros processos, como descascamento, secagem, armazenamento e processamento (Oliveira *et al.*, 2006).

Os defeitos mais comuns do café, produzidos por colheita tardia ou precoce ou por fermentação de grãos em contato com o solo, são os grãos azedos, pretos e imaturos; os dois primeiros, particularmente, estão relacionados a uma forte redução na qualidade sensorial (Dias *et al.*, 2018). A colheita de grãos fora do ponto de maturação, como os grãos verdes ou de grãos caídos no chão, denominado café de varrição, também originam um produto qualidade inferior, pois apresentam menor peso e defeitos, como grãos verdes, ardidos e pretos (Azevedo, 2019).

Além dessas variáveis, Tripetch e Borompichaichartkul (2019) apontam que as condições e o tempo de armazenamento dos grãos de café são muito importantes para a qualidade comercial do café. Isso inclui fatores como luz, umidade e temperatura no armazém e, também, o material de embalagem usado.

Dessa forma, percebe-se que grande parte dos aspectos que interferem na qualidade final do café

produzido podem ser manejados na propriedade através de boa fertilização, correção do solo, controle de pragas e doenças, colheita do fruto no ponto de maturação ideal e no pano, separação de grão boia, uso de despolpadores, secagem em condições mais adequadas e controle da umidade. Estudos, inclusive, sugerem que o manejo da cultura e os ambientes de crescimento são determinantes mais importantes da qualidade da bebida do que os fatores genéticos (Bote; Vos, 2017; Toledo *et al.*, 2016).

No Espírito Santo, as regiões que se destacam na produção de café arábica com mão de obra predominantemente familiar são a Região do Caparaó capixaba, que é composta por 11 municípios, e a Região Sul do estado, composta por 16 municípios.

A produção de cafés especiais provenientes do Caparaó capixaba é uma realidade atual que traz grande retorno econômico ao produtor (Krohling *et al.*, 2019). Porém, parte dos municípios inseridos nessa região e na Região Sul do Espírito Santo, possuem poucos ou nenhum produtor envolvido na cadeia dos cafés especiais, fazendo com que essa parcela de municípios fique deficitário nesse quesito, já que o consumo desses cafés é uma tendência mundial.

Diante disso, buscou-se selecionar 30 propriedades localizadas em municípios dessas duas regiões para a implementação da tecnologia de produção de cafés especiais. Os municípios foram Alegre, Apiacá, Bom Jesus do Norte, Mimoso do Sul, Muqui e São José do Calçado.

Sendo assim, a baixa inserção de produtores dos referidos municípios nessa cadeia, a baixa produtividade das lavouras, e os equívocos cometidos na colheita e pós-colheita do fruto, convergem para a necessidade de uma assistência técnica de qualidade nessas propriedades.

Essa tecnologia irá gerar impactos nos diferentes segmentos da cadeia de sustentabilidade, dentre eles, a ambiental. A sustentabilidade, fundamentada no tripé ambiental, econômico e social, preconiza a adoção de boas práticas de colheita, pós-colheita e produção, de forma a conciliar a preservação ambiental com resultados econômicos satisfatórios e melhoria da qualidade de vida no meio rural (De Muner, 2012).

Objetiva-se que as unidades produtivas atinjam progressivamente patamares de sustentabilidade mais elevados, o que fará com que se obtenha impactos diretos na melhoria da produtividade e qualidade da bebida, com consequente redução dos riscos socioambientais (Tristão *et al.*, 2019).

Como exemplo da necessidade de tecnologias que impactem positivamente o quesito ambiental nas propriedades, associações, como a Associação Brasileira da Indústria de Café (Abic), têm criado iniciativas que fomentem o consumo consciente de produtos de origem sustentável, como o Programa Cafés Sustentáveis do Brasil, em que cafés com esse selo possuem mais de 60% do *blend* para cafés superiores/*gourmets* provenientes de produtores sustentáveis, e alguns dos objetivos são a redução dos impactos ambientais, efeitos das mudanças climáticas e perda da biodiversidade (Tristão *et al.*, 2019).

Segundo Bregagnoli e Ribeiro Neto (2017), o aumento da requisição por lotes de café produzidos de forma responsável é um movimento crescente e irreversível, o que proporciona ao produtor, principalmente aos pequenos, agregação de valor ao seu produto e à sua propriedade. Os padrões de sustentabilidade cobrem uma área de produção cada vez maior e envolvem um número crescente de agricultores em todo o mundo, além de aumentar as expectativas dos consumidores sobre as implicações econômicas, éticas e ambientais da produção e comércio de alimentos (Vanderhaegen *et al.*, 2018).

Outro ponto importante, é relativo ao uso indiscriminado de agrotóxicos nas propriedades, que ratifica a necessidade da avaliação ambiental, pois, até o momento, sabe-se que não há testes laboratoriais de presença de agrotóxicos na Região Sul do Estado do Espírito Santo (Queiroz *et al.*, 2018) ou Caparaó, visto que, embora a legislação brasileira estabeleça limites para concentrações permissíveis de agrotóxicos na água destinada ao consumo humano, as concessionárias brasileiras de água e esgoto não são obrigadas a realizar tais análises (Brasil, 2003).

Evidências científicas mostram que esses produtos podem causar danos muitas vezes irreversíveis ao ser humano (Bolognesi, 2003; Salvagni; Ternus; Fuentefria, 2010). Além disso, promover impactos ambientais positivos nesse quesito levam à diminuição do uso desses produtos, assim como da frequência de aplicação e da toxicidade dos ingredientes ativos, que leva a reduzir os riscos para o ser humano e o ambiente.

Considerando a importância de todo esse processo, este estudo objetivou avaliar o índice de impacto ambiental gerado em 30 propriedades, localizadas na Região Sul do estado e Caparaó capixaba, após a implantação da tecnologia de produção de cafés especiais.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no ano safra 2021/2022, em 30 propriedades localizadas nos municípios de Alegre, Apiacá, Bom Jesus do Norte, Mimoso do Sul, Muqui e São José do Calçado (Figura 1).

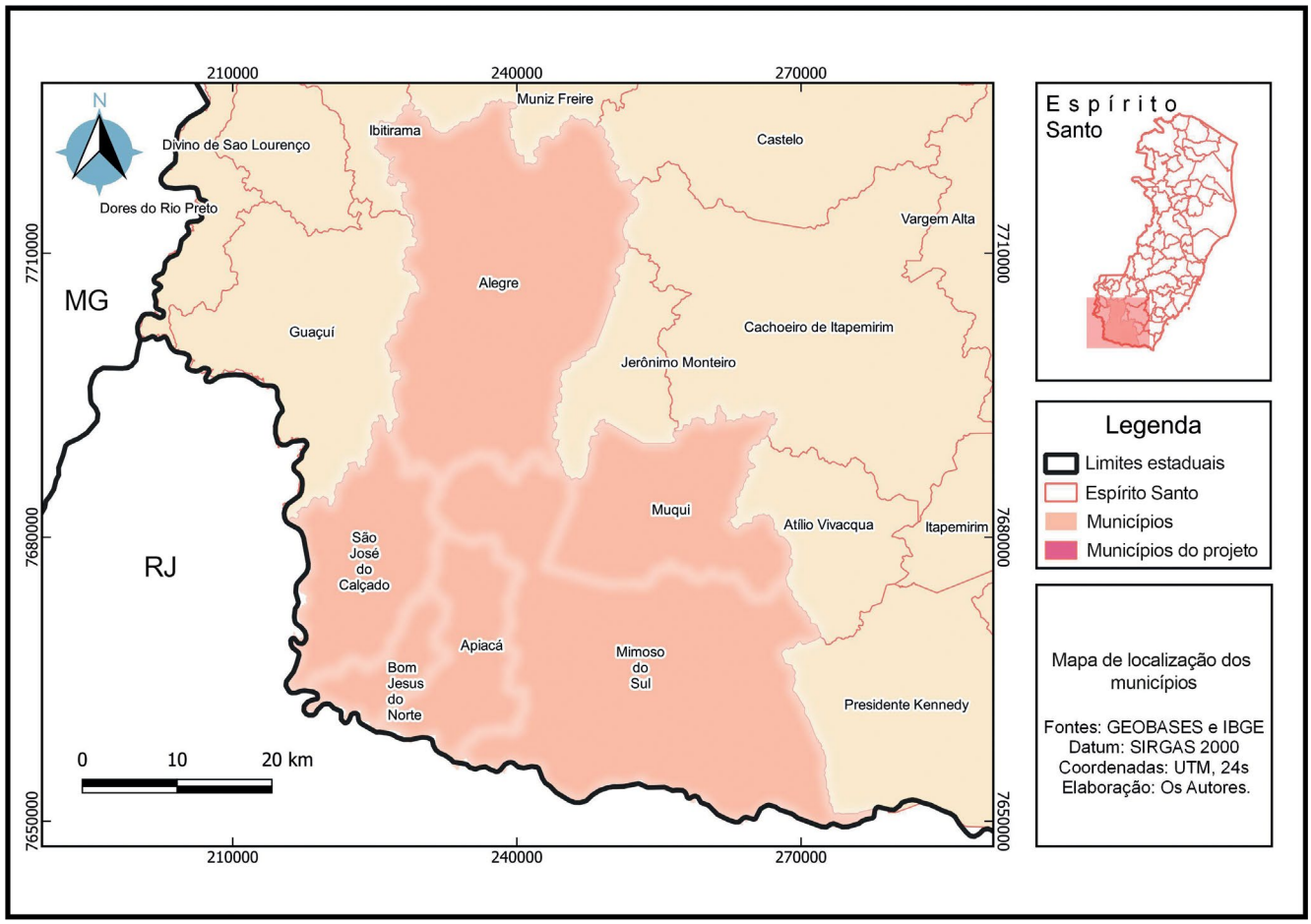

Figura 1 – Mapa de localização dos municípios.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Foram determinados em cada propriedade um talhão contendo 3.000 pés de café arábica, e foram selecionadas cinco propriedades por município. Nos municípios tipicamente produtores de café conilon, foram, excepcionalmente, escolhidas lavouras dessa mesma espécie (Tabela 1).

Tabela 1 – Lista de espécies de café utilizadas em cada município

Município	Espécie
Alegre	*Coffea arabica*
Apiacá	*Coffea arabica*
Bom Jesus do Norte	*Coffea arabica e Coffea canephora*
Mimoso do Sul	*Coffea arabica*
Muqui	*Coffea canephora*
São José do Calçado	*Coffea arabica*

Definido o local, foi procedida a coleta de solo na camada 0–20 cm, para ser submetida à análise química. De posse dos resultados, foram calculadas para cada lavoura a dosagem de calcário e fertilizantes. A correção do solo foi feita em uma única dose anual, enquanto os fertilizantes foram parcelados em três aplicações de NPK e micronutrientes, e uma de superfosfato simples, conforme a necessidade da lavoura.

Concomitantemente, foi realizada a confecção de armadilhas para broca-do-café utilizando-se de garrafas PET, confeccionadas conforme Fernandes *et al*. (2014). As garrafas foram fixadas nas lavouras a 1,5 m do chão, na densidade de 25 armadilhas por hectare. Todo manejo da lavoura foi realizado com base em práticas sustentáveis, como manutenção de cobertura vegetal nas entrelinhas, através da roçada, construção de caixas-secas, quando necessário, e manejo integrado de pragas e doenças.

A colheita foi realizada no pano ou na peneira de forma seletiva. A secagem foi realizada em terreiro suspenso de 30 m² (10 x 3 m), construído em cada uma das propriedades assistidas, adaptado de Ifes (2018) (Figura 2). Antes da secagem, os grãos foram submetidos à separação do boia e cereja. Os processos utilizados foram natural e cereja descascado, com utilização de um despolpador Palini e Alves, modelo PA-DCC/MM, que não utiliza água durante o processo.

Figura 2 – Modelo de terreiro suspenso construído em 30 propriedades, no Sul e Caparaó capixaba, para produção de cafés especiais.

Fonte: Acervo dos autores.

O teor de umidade foi acompanhado periodicamente com uso de medidor de umidade portátil, para que os grãos atingissem o ponto de umidade adequado para armazenamento (11% a 12%). E o controle da temperatura, para que não fosse ultrapassada temperaturas superiores a 40 °C, foi realizado com termômetro digital com mira a *laser*. Após a secagem, os grãos foram armazenados em local fechado, ventilado e em sacarias adequadas.

Após todo esse processo, os grãos foram submetidos à análise sensorial. Tal análise consiste no preparo inicial da amostra com torra de leve a média intensidade, com posterior resfriamento até a temperatura ambiente e acondicionamento em recipiente fechados pelo período mínimo de 8 horas.

Para degustação, as amostras foram preparadas na concentração de 5,5% m/v, na qual a água, com

temperatura de aproximadamente 93 °C, foi adicionada em movimentos circulares. Após adicionada a água, as amostras permaneceram em repouso por 4 minutos e foram, então, provadas.

O teste de xícara foi realizado por provadores com certificação *Q Grader*, certificados pela Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA). Cada provador atribuiu notas individuais para os quesitos avaliados, que incluem fragrância/aroma, sabor, finalização, acidez, corpo, uniformidade, balanço, xícara limpa, doçura, pontos e defeitos. Após a avaliação, o café foi classificado qualitativamente a partir da pontuação recebida: acima de 80 foi classificado como café especial; entre 70 a 79, como café comercial fino; entre 60 a 69, como café comercial; e abaixo de 60, como café inferior.

Após toda metodologia de produção implementada, foi realizada a avaliação do impacto ambiental, ou seja, procurou-se entender se essa tecnologia de produção impactou positivamente, negativamente ou não trouxe impacto no índice de impacto ambiental.

Para obter tal índice, aplicou-se o Sistema de Avaliação do Impacto Ambiental de Inovações Tecnológicas Agropecuárias (Ambitec-Agro), desenvolvido por Rodrigues (2008). Essa forma de avaliação consiste em módulos integrados de indicadores de desempenho ambiental para os setores produtivos rurais da agricultura. São considerados quatro aspectos de contribuição (alcance, eficiência, conservação e recuperação ambiental) expressos por 37 componentes (Figura 3).

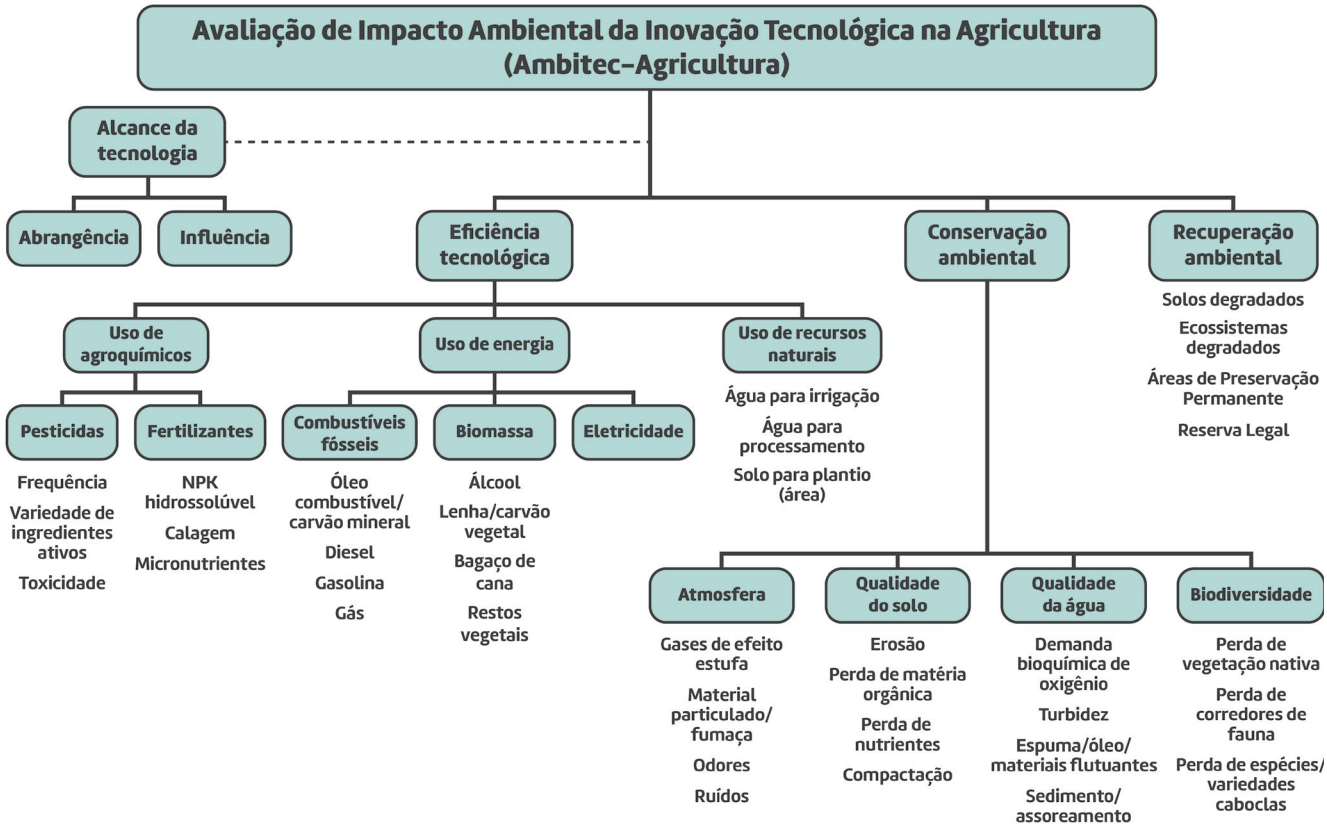

Figura 3 – Aspectos e indicadores para a avaliação de impacto social da inovação tecnológica (Ambitec-Social).

Fonte: Rodrigues (2008).

Os quesitos foram avaliados por meio da análise dos técnicos conjuntamente com agricultores, em todas as propriedades, considerando todos os quesitos (Rodrigues, 2008). Posteriormente, foi realizada a interpretação desse índice e indicação de alternativas de manejo e de tecnologias que permitam minimizar os impactos negativos e potencializar os impactos positivos, de modo a contribuir para o desenvolvimento local sustentável.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra as pontuações máximas de lotes de café, obtidas nas 30 propriedades estudadas. Dessas, 23 conseguiram produzir, pelo menos, um lote classificado como especial, com nota superior a 80. Enquanto outras duas produziram lotes classificados como bebida dura, que são aqueles que possuem principalmente frutos verdes e/ou imaturos, porém não possuem defeitos. Outras cinco, produziram apenas cafés bebida rio (Brasil, 2003).

As maiores notas foram 86 e 85,5, nos municípios de São José do Calçado e Muqui, respectivamente. Enquanto as menores notas para os cafés especiais foram de 80 pontos. Muitos produtores não conseguiram atingir notas mais altas devido à uma chuva de granizo que atingiu as lavouras no início de 2021. Isso fez com que os frutos ficassem visualmente no ponto de colheita, entretanto, fisiologicamente apresentassem compostos que davam aspecto de grãos imaturos na xícara, devido à maturação forçada, decorrente da intempérie climática.

Esses resultados foram obtidos devido à uma série de cuidados, desde a nutrição da lavoura, a colheita seletiva e, sobretudo, a pós-colheita, não deixando que os grãos perdessem qualidade, após colhidos no ponto ideal de maturação.

Tabela 2 – Pontuações máximas de lotes de café obtidas nas 30 propriedades estudadas

	Local	Pontuação máxima	Altitude (m)		Local	Pontuação máxima	Altitude (m)
1		86,00	870	**16**		83,75	610
2		82,50	770	**17**		80,25	640
3	São José do Calçado	80,25	760	**18**	Bom Jesus do Norte	80,00	620
4		82,75	980	**19**		80,00	600
5		80,75	830	**20**		Bebida rio	600
6		84,50	730	**21**		80,50	720
7		80,00	730	**22**		80,25	615
8	Alegre	82,50	750	**23**	Mimoso	80,00	750
9		80,25	660	**24**		Bebida rio	780
10		83,50	740	**25**		Bebida rio	770
11		80,50	880	**26**		85,50	450
12		80,00	715	**27**		80,25	700
13	Apiacá	Bebida dura	820	**28**	Muqui	83,25	850
14		Bebida rio	835	**29**		80,00	420
15		Bebida rio	760	**30**		Bebida dura	420

Fonte: Elaborada pelos autores.

O índice de impacto ambiental mostrou que em todos os municípios houve impacto positivo da implementação da tecnologia, dado o valor superior a 1 do indicador (Figura 4). O município onde houve maior impacto foi Muqui e o menor Alegre, sendo este o único cujo uma propriedade apresentou valor menor que 1 para o índice.

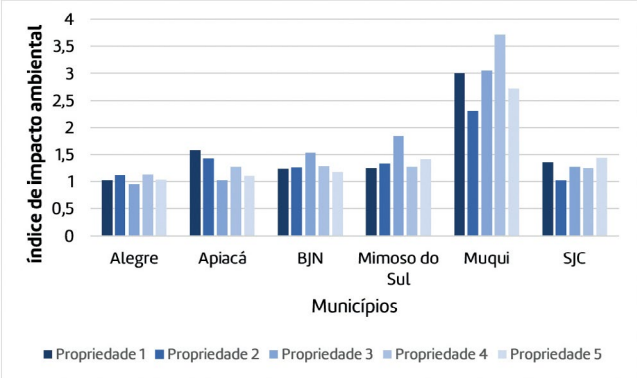

Figura 4 – Índice de impacto ambiental obtido pelas 30 propriedades participantes do estudo.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Esse impacto positivo pode ser atribuído sobretudo à diminuição do uso de defensivos agrícolas, principalmente no quesito frequência, seguido de toxicidade e, por último, variedade de ingredientes ativos. Acredita-se que dois terços da população mundial esteja exposta aos malefícios dos pesticidas, seja pela atividade laboral ou pelo consumo de alimentos contaminados (Stehle; Schulz, 2015). Mesmo em pequenas quantidades, esses produtos representam risco à saúde humana e ao meio ambiente, devido à sua mobilidade e persistência (Bozzo *et al.*, 2013; Shuai; Chen; Ray, 2011).

A diminuição no uso de defensivos agrícolas se deu principalmente devido ao manejo integrado, que inseriu nas propriedades práticas alternativas ao uso dos defensivos, tais como armadilhas para broca-do-café e realização de roçada. As armadilhas permitiram que os produtores percebessem que não era necessária a aplicação de agrotóxicos, visto que o nível de infestação não atingia o dano econômico. A roçada evitou o uso de herbicidas, muitas vezes aplicado de forma indiscriminada para controle do mato.

O uso de fertilizantes e calcário também apresentou grande impacto, visto que a aplicação, feita com base na análise de solo, permitiu o uso inteligente desses produtos, diminuindo quantidades e aumentando a eficiência ao proporcionar à planta o que ela de fato estava a requerer.

Além disso, o uso de despolpador a seco permitiu a economia de água durante o processo de descascamento do café. Campos *et al.* (2021) afirmam que o consumo para lavagem e separação do café varia de 0,1 L a 0,3 L de água por litro de fruta, enquanto no descascamento e/ou despolpa, o consumo é de 3 L a 5 L de água por litro de fruta, ou seja, tal despolpador gera grande ganho na economia de água na propriedade.

De acordo com Galanakis (2017), a água de lavagem do café, quando lançada em corpos d'água receptivos, forma rapidamente zonas anóxicas como resultado de sua estabilização anaeróbica, gerando, como subprodutos da degradação da matéria orgânica, metano, fenóis e sulfeto de hidrogênio, que emitem odores desagradáveis, além da possibilidade de eutrofização (Campos *et al.* 2021).

Não houve identificação de mudança que causasse impacto na irrigação, visto que, majoritariamente, as lavouras estudadas não são irrigadas. Entretanto, é importante ressaltar que o uso insustentável da água de irrigação é um dos problemas ambientais mais graves na cafeicultura. Espera-se que a rápida expansão das certificações de sustentabilidade e a adoção de tecnologias avançadas de irrigação promovam um uso mais sustentável da água, por meio de mudanças nas práticas de gestão hídrica na cafeicultura (Ho *et al.*, 2022).

O aumento da produtividade, proporcionado pela adubação, manejo integrado de pragas e doenças, além de adequações pontuais em cada propriedade, fizeram com que o produtor desistisse de explorar novas áreas de plantio, sobretudo aquelas que pudessem envolver desmatamento. De acordo com Gatti *et al.* (2022), a perda de vegetação nativa para a cafeicultura é uma ameaça persistente à biodiversidade. Citam ainda que o cultivo de café leva cada vez mais à perda de biodiversidade nas regiões tropicais montanhosas, por meio da expansão para florestas intactas e remoção de árvores de sombra para criar monoculturas intensificadas de café. Como resultado, a cobertura de árvores nativas diminuiu mais de 70% nas regiões cafeeiras durante os últimos 20 anos, apesar do alto potencial de produção e qualidade do café cultivado à sombra (Jha *et al.*, 2014), por exemplo.

A consciência ambiental também foi despertada em muitas propriedades, que passaram a aderir ao Cadastro Ambiental Rural (CAR), que resultou na preservação de suas áreas de reserva legal (quando cabível) e de preservação permanente com efeito positivo na conservação

da biodiversidade. Isso é de grande importância, uma vez que a expansão de *commodities* agrícolas tropicais, como o café, tem sido vista como uma das maiores ameaças à biodiversidade (Lenzen *et al*., 2012; Donald, 2004).

Segundo Zeweld *et al.* (2017), práticas agrícolas sustentáveis podem melhorar a biodiversidade e reduzir insumos prejudiciais ao meio ambiente, enquanto mantêm a competitividade e a viabilidade econômica. Alguns exemplos de agricultura sustentável incluem abordagens que envolvem a mudança de um componente (por exemplo, manejo integrado de pragas, uso de composto e esterco), redução ou integração com outros sistemas (integração de gado com culturas, consórcio), ou uma mudança mais sistêmica (agricultura orgânica e agroecologia) (Knickel *et al*., 2017).

O uso de técnicas de manejo e conservação do solo, inerentes à produção sustentável de cafés especiais, como a abertura de caixas-secas, diminuição do uso de herbicidas e capinas, aumento das roçadas e colheita seletiva sem arruação da lavoura, levaram à percepção da melhoria de solos em processo de degradação, principalmente no que tange à perda de matéria orgânica e nutrientes. Com a diminuição desses fatores, pontualmente em alguns locais, foi possível perceber a redução na turbidez e assoreamento de pequenos cursos d'água.

Com intuito de aumentar a preservação da matéria orgânica e melhorar, consequentemente, a conservação ambiental das propriedades trabalhadas, houve destinação das cascas do café, após o despolpamento e/ou descascamento, nas próprias lavouras, como fonte de nutrientes e matéria orgânica, o que é importante, visto que, com a perspectiva de que o café chegará a um ambiente totalmente sustentável, deve-se notar os subprodutos que não receberam tanta popularidade para serem reaproveitados (Campos *et al*., 2021).

De acordo com Lopes *et al*. (2014), os produtores que instalaram máquinas de beneficiamento em suas propriedades, visando produzir grãos de café mais finos ou de melhor qualidade, passaram a enfrentar problemas ambientais adversos, uma vez que os resíduos gerados no processo de beneficiamento causaram grandes volumes de efluentes, cascas e polpas úmidas.

A redução dos impactos negativos e aumento daqueles positivos, permite que o produtor de café, principalmente o de cafés especiais, possa certificar seu café, como, por exemplo, orgânico, Fairtrade, Rainforest, Utz Certified, entre outros. Isso se torna interessante, visto que tais certificações podem agregar valor ao café comercializado. Em 2018, cerca de 8% da área mundial plantada de culturas especiais foram certificadas com pelo menos um padrão de produção (Gatti *et al*., 2022).

Os padrões de sustentabilidade diferem nos aspectos que enfatizam (Milder *et al*., 2014), mas, em geral, todos eles buscam reduzir ou eliminar fatores ambientais e sociais negativos (Haggar *et al*., 2017). Cada padrão tem sua própria maneira de avaliar a conformidade. Em geral, há um número limitado de práticas proibidas, por exemplo, o uso de agroquímicos sintéticos no cultivo orgânico, sem desmatamento sob *Rainforest Alliance*. Além disso, uma certa porcentagem de critérios ambientais e sociais precisam ser atendidos. (HAGGAR, *et al*., 2017).

Não houve percepção na alteração de fatores relacionados à fumaça, ruídos, odores e gases de efeito estufa. A tecnologia também não afetou diretamente o uso da energia. É importante ressaltar que, apesar dessa tecnologia aplicada não ter influenciado diretamente nesses fatores, destaca-se a necessidade de aumentar a percepção e conscientização dos agricultores sobre o clima para promover a adoção de práticas agrícolas sustentáveis (Nguyen; Drakou, 2021). Além disso, o uso de terreiros suspensos, que utilizam apenas sol e vento para efetuar a secagem, é positivo em relação ao uso de secadores que demandam grande quantidade de lenha como combustível, que muitas vezes advém de zonas de preservação ou reservas legais, além de gerarem fumaça, ruídos e terem custo elevado.

De acordo com Cohn *et al*. (2017), os pequenos agricultores, que possuem áreas agrícolas menor que 2 ha, estão entre os mais vulneráveis às mudanças climáticas. Isso porque suas propriedades estão localizadas principalmente em regiões diretamente afetadas pelas mudanças climáticas, em países de baixa e média renda, onde a agricultura familiar ocupa 85% das terras agrícolas em todo o mundo (Samberg *et al*., 2016). A agricultura familiar é responsável por mais da metade das calorias globais

dos alimentos consumidos (Samberg *et al.*, 2016), sendo que a agricultura sustentável desempenha um papel vital na adaptação às mudanças climáticas, bem como no alcance dos objetivos de desenvolvimento sustentável (FAO, 2016).

No entanto, apesar da eficácia documentada da agricultura sustentável na adaptação às mudanças climáticas, a adoção dessas práticas não tem sido alta (Zeweld *et al.*, 2017). As barreiras de adoção relatadas vão desde o nível de percepção dos agricultores (FAO, 2014) até o apoio em nível institucional (Bravo-Monroy; Potts; Tzanopoulos, 2016).

A Figura 5 mostra a localização das 30 propriedades dentro de cada município sob a ótica do Decreto nº 2530-R, de 02 de junho de 2010 (Espírito Santo, 2010), que identifica áreas prioritárias para conservação da biodiversidade no Estado do Espírito Santo. Todas as propriedades de São José do Calçado estão localizadas em uma área de muito alta prioridade, enquanto, em Muqui, duas propriedades se encontram em área de extrema prioridade. As demais se encontram nas áreas sem prioridade definida, o que necessariamente não quer dizer que são desprovidas de importância biológica.

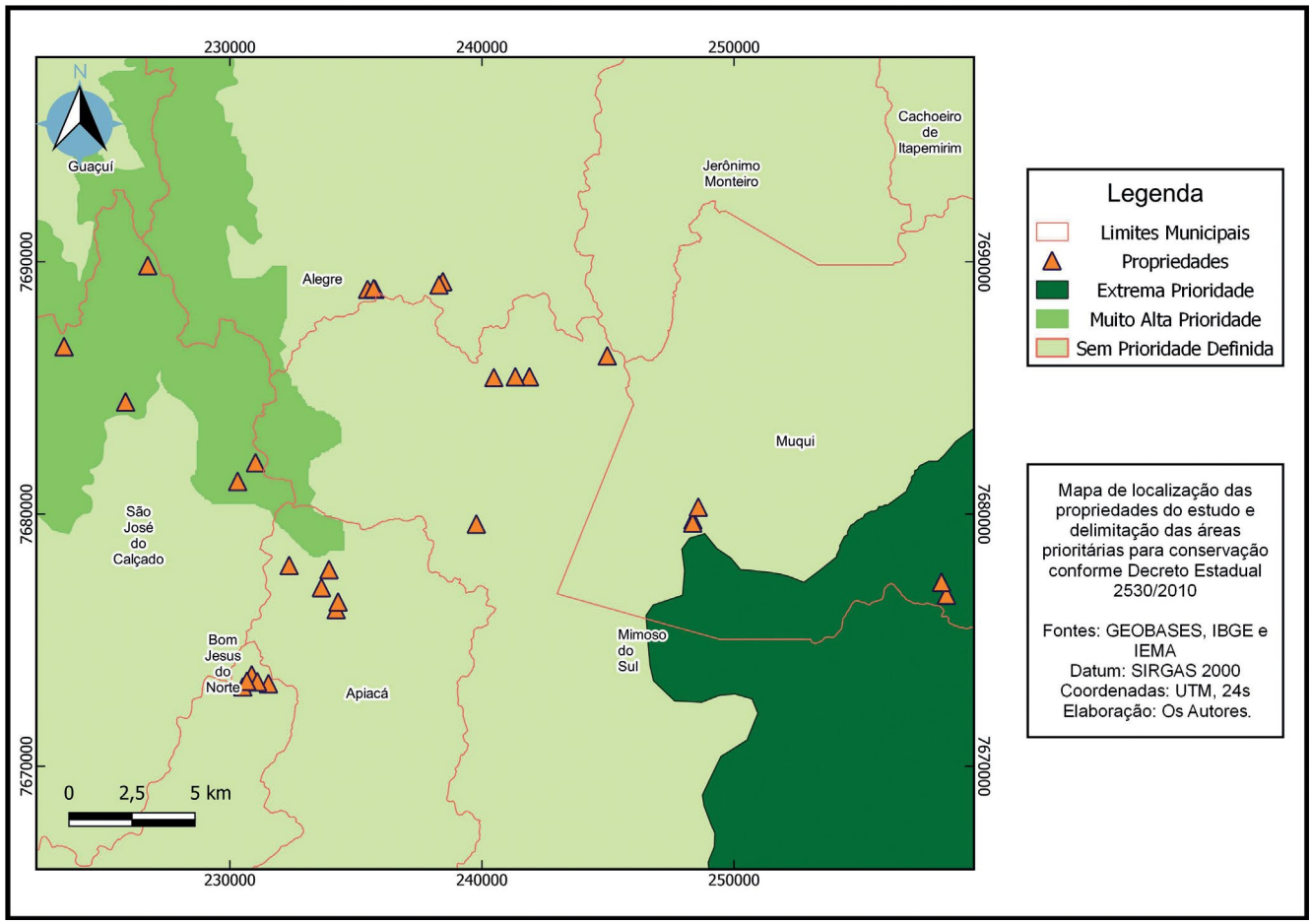

Figura 5 – Mapa de localização das propriedades com identificação das áreas prioritárias para conservação no Estado do Espírito Santo.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Isso indica a importância dos impactos positivos no índice de impacto ambiental sobretudo para São José do Calçado e Muqui, cuja classificação indica:

> "I. Extrema prioridade: áreas com alta riqueza de espécies endêmicas, ameaçadas e raras, ou com ocorrência de fenômenos biológicos ou processos ecológicos especiais; II. Muito alta prioridade: áreas com média riqueza de espécies endêmicas, ameaçadas ou raras, ou que possuam remanescentes de vegetação, altamente ameaçados ou com alto grau de conservação" (Espírito Santo, 2010).

De acordo com Wang *et al*. (2021), a definição de áreas prioritárias para a conservação, baseadas nos serviços ecossistêmicos, é essencial para alcançar o desenvolvimento sustentável.

Segundo Pham, Chuah e Feeny (2022), apesar dos benefícios comprovados de práticas agrícolas sustentáveis, as taxas de adoção entre agricultores ainda são baixas, especialmente nos países em desenvolvimento. Um estudo, realizado por Guimarães *et al*. (2022), mostra que as principais barreiras identificadas para adoção de tais práticas são a falta de apoio governamental, a alta complexidade dos processos e as lacunas de comunicação. Por fim, é importante ressaltar que a adoção de tecnologias que diminuam os impactos ambientais é de extrema importância em quaisquer lavouras, incluindo aquelas que não produzem cafés especiais, visto que práticas sustentáveis impactam positivamente as lavouras, as propriedades e o meio ambiente.

CONCLUSÃO

A adoção de tecnologias para produção de cafés especiais nas propriedades estudadas mostrou impactos positivos no quesito ambiental, à medida que demonstrou a importância e eficiência de utilização de boas práticas de colheita e pós-colheita. Isso, por sua vez, contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento sustentável dessas propriedades.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

CAMPBELL, P. M. da M.; MORAES, J. G. de; SOUZA, T. da S. de; NUNES, M. C. P. e LOPES, D. S. realizaram a montagem de terreiros, armadilhas, coletas de amostras de solo e lotes de café, entrega de equipamentos e coleta de dados. CAMPBELL, P. M. da M. e AZEVEDO, B. C. de. fizeram a tubulação, análise dos dados e criação de tabelas e figuras. AZEVEDO, B. C. de. executou a produção de mapas e levantamento de fontes cartográficas. CAMPBELL, P. M. da M. realizou a redação do texto e padronização das normas de acordo com a revista. MORAES, J. G. de; SOUZA, T. da S. de; NUNES, M. C. P.; LOPES, D. S. e AZEVEDO, B. C de. fizeram a revisão do texto e adição de partes significativas.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (Fapes) pelo apoio financeiro. À Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (Seag) pela proposição do edital que viabilizou a execução do projeto e ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) pelo apoio operacional.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, B. C. de. **Qualidade de bebida e contaminações por fungos em grãos de *Coffea arabica* em diferentes sistemas de colheita e pós-colheita sob manejo orgânico em propriedade de base familiar no Caparaó capixaba.** 2019. 46 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ, 2019.

BOLOGNESI, C. Genotoxicity of pesticides: a review of human biomonitoring studies. Mutation Research/Reviews *In*: **Mutation Research**, [S.l.], v. 543, n. 3, p. 251-272, jun. 2003. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/s1383-5742(03)00015-2

BOTE, A. D.; VOS, J. Tree management and environmental conditions affect coffee (*Coffea arabica* L.) bean quality. Njas – **Wageningen Journal of Life Sciences**, [S.l.], v. 83, p.39-46, dez. 2017. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.njas.2017.09.002

BOZZO, S.; AZIMONTI, G.; VILLA, S.; GUARDO, A. di; FINIZIO, A. Spatial and temporal trend of groundwater contamination from terbuthylazine and desethyl-terbuthylazine in the Lombardy Region (Italy). **Environ. Sci**.: Processes Impacts, [S.l.], v. 15, n. 2, p. 366-372, 2013. Royal Society of Chemistry (RSC). DOI: http://dx.doi.org/10.1039/c2em30536d

BRASIL. **Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003**. Definir as características de identidade e de qualidade para a classificação do Café Beneficiado Grão Cru. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 13 jun. 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.

BRAVO-MONROY, L.; POTTS, S. G.; TZANOPOULOS, J. Drivers influencing farmer decisions for adopting organic or conventional coffee management practices. **Food Policy**, [S.l.], v. 58, p. 49-61, jan. 2016. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.11.003

BREGAGNOLI, M.; RIBEIRO NETO, J. F. R. **Café nas montanhas**: caracterização da cafeicultura na área de atuação da Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé. Pouso Alegre: IFSULDEMINAS, 2017.172 p.

CAMPOS, R. C.; PINTO, V. R. A.; MELO, L. F.; ROCHA, S. J. S. S. da; COIMBRA, J. S. New sustainable perspectives for "Coffee Wastewater" and other by-products: a critical review. **Future Foods**, [S.l.], v. 4, p. 100058, dez. 2021. Elsevier BV.

CASAS, M. I.; VAUGHAN M. J., BONELLO, P.; GARDENER B. M.; GROTEWOLD, E., ALONSO, A. P. Identification of biochemical features of defective *Coffea arabica* L. beans. **Food Research International**, [S.l.], v. 95, p.59-67, maio 2017. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.015

COHN, A. S.; NEWTON, P.; GIL, J. D. B.; KUHL, L.; SAMBERG, L.; RICCIARDI, V.; MANLY, J. R.; NORTHROP, S. Smallholder Agriculture and Climate Change. **Annual Review of Environment And Resources**, [S.l.], v. 42, n. 1, p. 347-375, 17 out. 2017. Annual Reviews. DOI: http://dx.doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060946

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Acompanhamento da safra brasileira de café – Safra 2019. **Acompanhamento da Safra Brasileira**, v.5, n.2, p.1-61, 2019.

DE MUNER, L. H. **Sostenibilidad de la caficultura arábica en el ámbito de la agricultura familiar em el Estado de Espírito Santo-Brasil**. 2012. 262 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais e Sustentabilidade) – Universidade de Córdoba-UCO, Córdoba, Espanha, 2012.

DIAS, R. C. E.; VALDERRAMA, P.; MARÇO, P. H.; SCHOLZ, M. B. dos S.; EDELMANN, M.; YERETZIAN, C. Quantitative assessment of specific defects in roasted ground coffee via infrared-photoacoustic spectroscopy. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 255, p.132-138, jul. 2018. Elsevier BV.

DONALD, P.F. Biodiversity Impacts of Some Agricultural Commodity Production Systems. **Conservation Biology**, [S.l.], v. 18, n. 1, p. 17-38, fev. 2004. Wiley.

DONFRANCESCO, B. di; GUZMAN, N. G.; CHAMBERS, E. Similarities and differences in sensory properties of high quality Arabica coffee in a small region of Colombia. **Food Research International**, [S.l.], v. 116, p.645-651, fev. 2019. Elsevier BV.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Decreto nº 2530-R, de 02 de junho de 2010. Identifica Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade no Estado.Vitória, ES: 07 jun. 2010.

FAO (Food and Agriculture Organization Of The United Nations). **Food and agriculture**: Key to achieving the 2030 agenda for sustainable development. Job nº. I5499. Itália, Roma: FAO, 2016. p. 23.

FAO, (Food and Agriculture Organization Of The United Nations). **The state of food and agriculture**: innovation in family farming. Itália, Roma: FAO, 2014.

FERNANDES, F. L.; PICANÇO, M. C.; SILVA, R. S. da.; SILVA, I. W. da.; FERNANDES, M. E. de S.; RIBEIRO, L. H. Controle massal da broca-do-café com armadilhas de garrafa PET vermelha em cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 8, p. 587-594, ago. 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2014000800587&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 17 fev. 2020.

FERRÃO, M. A. G.; FERRAO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. Origem, Dispersão Geográfica, Taxonomia e Diversidade Genética de Coffea canephora. *In*: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (org.). **Café Conilon**. 2ed. Vitoria: DCM/Incaper, 2017. v.1. p.81-101.

GALANAKIS, C. M **Handbook of Coffee Processing By-Products Sustainable Applications**. Reino Unido, Londres: Academic Press, 2017.

GATTI, N.; GOMEZ, M. I.; BENNETT, R. E.; SILLETT, T. S.; BOWE, J. Eco-labels matter: coffee consumers value agrochemical-free attributes over biodiversity conservation. **Food Quality and Preference**, [S.l.], v. 98, p. 104509, jun. 2022. Elsevier BV.

GUIMARÃES, Y. M.; EUSTACHIO, J. H. P. P.; LEAL FILHO, W.; MARTINEZ, L. F.; VALLE, M. R. do; CALDANA, A. C. F. Drivers and barriers in sustainable supply chains: the case of the brazilian coffee industry. **Sustainable Production and Consumption**, [S.l.], v. 34, p. 42-54, nov. 2022. Elsevier BV.

HAGGAR, J.; SOTO, G.; CASANOVES, F.; VIRGINIO, E. de M. Environmental-economic benefits and trade-offs on sustainably certified coffee farms. **Ecological Indicators**, [S.l.], v. 79, p. 330-337, ago. 2017. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.04.023

HO, T. Q.; HOANG, V.; WILSON, C. Sustainability certification and water efficiency in coffee farming: the role of irrigation technologies. **Resources, Conservation and Recycling**, [S.l.], v. 180, p. 106175, maio 2022. Elsevier BV.

IFES (Instituto Federal do Espírito Santo). **Campus Itapina constroi terreiro suspenso para secagem de café**. Vitória, ES: Ifes Campus Itapina, 2018. Disponível em: https://itapina.ifes.edu.br/images/arquivo_em_pdf/CROQUI_SECADOR_SUSPENSO_DE_CAFe.pdf. Acesso em: 12 maio 2022.

JHA, S.; BACON, C. M.; PHILPOTT, S. M.; MÉNDEZ, V. E.; LÄDERACH, P.; RICE, R. A. Shade Coffee: update on a disappearing refuge for biodiversity. **Bioscience**, [S.l.], v. 64, n. 5, p. 416-428, 14 abr. 2014. Oxford University Press (OUP).

KNICKEL, K.; ASHKENAZY, A.; CHEBACH, T. C.; PARROT, N. Agricultural modernization and sustainable agriculture: contradictions and complementarities. **International Journal of Agricultural Sustainability**, [S.l.], v. 15, n. 5, p. 575-592, 3 set. 2017. Informa UK Limited. DOI: http://dx.doi.org/10.1080/14735903.2017.1373464

KROHLING, C. A.; SOBREIRA, F. M., APOSTÓLICO, M. A.; ALIXANDRE, F. T.; SOUZA, D. G. de; DIAS, P. P. T. R. da S.; BARBOSA, N.; DIAS, R. da S.; ROCHA, W. de A.; FORNAZIER, J. M. Qualidade sensorial de cultivares de café arábica sob cultivo adensado na Região do Caparaó Capixaba. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 10., 2019, Vitória. **Anais** [...]. Vitória, 2019. p. 1–5.

LAZZARINI, W.; MORAES, F. R. P. de. Influência dos grãos deteriorados ("tipo") sobre a qualidade da "bebida" de café. **Bragantia**, v. 17, n. 7, p. 109–118, 1958. Disponível em: https://www.scielo.br/j/brag/a/KjDkyRz4kpL4WxpmSkmhhCd/?format=pdf&lang=pt#:~:text=A%20adi%C3%A7%C3%A3o%20de%2010%20e,3%2C55%20pontos%2C%20respectivamente. Acesso em: 12 maio 2022.

LENZEN, M.; MORAN, D.; KANEMOTO, K.; FORAN, B.; LOBEFARO, L.; GESCHKE, A. International trade drives biodiversity threats in developing nations. **Nature**, [S.l.], v. 486, n. 7401, p. 109–112, jun. 2012. Springer Science and Business Media LLC. DOI: http://dx.doi.org/10.1038/nature11145

LIMA, L. M. de; ELIAS, L. de P.; SILVA, M. M. C. D e; SILVA, K. V. da; PACHECO, A. S. V, Behavioral aspects of the coffee consumer in different countries: the case of Brazil. **Coffee Consumption and Industry Strategies in Brazil**, [S.l.], p. 321–341, 2020. Elsevier. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/b978–0–12–814721–4.00016–0

LOPES, P. R.; ARAÚJO, K. C. S.; LOPES, I. M.; RANGEL, R. P.; SANTOS, N. F. F.; KAGEYAMA, P. Y. Uma análise das consequências da agricultura convencional e das opções de modelos sustentáveis de produção – agricultura orgânica e agroflorestal. **Revista Espaço de Diálogo e Desconexão** (REDD), v. 8, n. 1 e 2, p. 1–38, 2014. Disponível em: https://periodicos.fclar.unesp.br/redd/article/view/6912. Acesso em: 12 maio 2022.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Café no Brasil**. 2017. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe. Acesso em: 14 fev. 2020.

MILDER, J. C.; ARBUTHNOT, M.; BLACKMAN, A.; BROOKS, S. E.; GIOVANNUCCI, D.; GROSS, L.; KENNEDY, E. T.; KOMIVES, K.; LAMBIN, E. F.; LEE, A. An agenda for assessing and improving conservation impacts of sustainability standards in tropical agriculture. **Conservation Biology**, [S.l.], v. 29, n. 2, p. 309–320, 31 out. 2014. Wiley. DOI: http://dx.doi.org/10.1111/cobi.12411

NGUYEN, N.; DRAKOU, E. G. Farmers intention to adopt sustainable agriculture hinges on climate awareness: the case of vietnamese coffee. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], v. 303, p. 126828, jun. 2021. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126828

OLIVEIRA, L. S.; FRANCA, A. S., MENDONÇA, J. C. F.; BARROS-JÚNIOR, M. C. Proximate composition and fatty acids profile of green and roasted defective coffee beans. **Food Science and Technology**, [S.l.], v. 39, n. 3, p.235–239, abr. 2006. Elsevier BV.

PEREIRA, L. l.; GUARÇONI, R. C; PINHEIRO, P. F.; OSÓRIO, V. M.; PINHEIRO, C. A.; MOREIRA, T. R.; TEN CATEN, C. S. New propositions about coffee wet processing: Chemical and sensory perspectives. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 310, p.1–10, abr. 2020. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125943

PHAM, H–G.; CHUAH, S; FEENY, S. Coffee farmer preferences for sustainable agricultural practices: findings from discrete choice experiments in vietnam. **Journal of Environmental Management**, [S.l.], v. 318, p. 115627, set. 2022. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115627

QUEIROZ, V. T. de; AZEVEDO, M. M.; QUADROS, I. P.da S.; COSTA, A. V.; AMARAL, A. A. do; SANTOS, G. M. A. D. A dos; JUVANHOL, R. S.; TELLES, L. A. A.; SANTOS, A. R. dos. Environmental risk assessment for sustainable pesticide use in coffee production. **Journal of Contaminant Hydrology**, [S.l.], v. 219, p. 18–27, dez. 2018. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jconhyd.2018.08.008

RIBEIRO, J. S.; AUGUSTO, F.; SALVA, T. J. G.; FERREIRA, M. M. C. Prediction models for Arabica coffee beverage quality based on aroma analyses and chemometrics. **Talanta**, [S.l.], v. 101, p.253–260, nov. 2012. Elsevier BV.

RODRIGUES, G. S.; Avaliação dos impactos sociais de tecnologias agropecuárias. *In*: **Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa: metodologia de referência**. Brasília: Embrapa, Informação Tecnológica, 2008.

SALVAGNI, J.; TERNUS, R. Z.; FUENTEFRIA, A. M. Assessment of the genotoxic impact of pesticides on farming communities in the countryside of Santa Catarina State, Brazil. **Genetics and Molecular Biology**, [S.l.], v. 34, n. 1, p. 122–126, 26 nov. 2010. FapUNIFESP (SciELO). DOI: http://dx.doi.org/10.1590/s1415–47572010005000104

SAMBERG, L. H.; GERBER, J. S.; RAMANKUTTY, N.; HERRERO, M.; WEST, P. C. Subnational distribution of average farm size and smallholder contributions to global food production. **Environmental Research Letters**, [S.l.], v. 11, n. 12, p. 124010, 29 nov. 2016. IOP Publishing. DOI: http://dx.doi.org/10.1088/1748–9326/11/12/124010

SHUAI, X.; CHEN, J.; RAY, C. Adsorption, transport and degradation of fipronil termiticide in three Hawaii soils. **Pest Management Science**, [S.l.], v. 68, n. 5, p. 731–739, 2 nov. 2011. Wiley.

STEHLE, S.; SCHULZ, R. Agricultural insecticides threaten surface waters at the global scale. *In*: PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, [S.l.], v. 112, n. 18, p. 5750–5755, 13 abr. 2015. **Anais** [...]. DOI: http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1500232112

TOLEDO, P. R. A. B.; PEZZA, L.; PEZZA, H. R.; TOCI, A. T. Relationship between the different aspects related to coffee quality and their volatile compounds. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 15, p. 705–719, 2016.

TRIPETCH, P.; BOROMPICHAICHARTKUL, C. Effect of packaging materials and storage time on changes of colour, phenolic content, chlorogenic acid and antioxidant activity in arabica green coffee beans (Coffea arabica L. cv. Catimor). **Journal of Stored Products Research**, [S.l.], v. 84, p.1–10, dez. 2019. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101510

TRISTÃO, F. A.; KROHLING, C. A.; DE MUNER, L. H.; SOUZA, M. F.; FORNAZIER, M. J. Tendências para a sustentabilidade da cafeicultura de arábica em regiões de montanha. **Incaper em Revista**, Vitória, v. 10, p. 105–124, jan./dez. 2019. ISSN 2179–5304

VANDERHAEGEN, K.; AKOYI, K.T.; DEKONINCK, W.; JOCQUÉ, R.; MUYS, B.; VERBIST, B.; MAERTENS, M. Do private coffee standards 'walk the talk' in improving socio-economic and environmental sustainability? **Global Environmental Change**, [S.I.], v. 51, p. 1–9, jul. 2018. Elsevier BV.

WANG, Y.; WANG, X.; YIN, L.; FENG, X.; ZHOU, C.; HAN, L.; LÜ, Y. Determination of conservation priority areas in Qinghai Tibet Plateau based on ecosystem services. **Environmental Science & Policy**, [S.I.], v. 124, p. 553–566, out. 2021. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2021.07.019

ZEWELD, W.; VAN HUYLENBROECK, G.; TESFAY, G.; SPEELMAN, S. Smallholder farmers' behavioural intentions towards sustainable agricultural practices. **Journal of Environmental Management**, [S.I.], v. 187, p. 71–81, fev. 2017. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.014