

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA  
TROPICAL**

**THAIS ALMEIDA DO NASCIMENTO**

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA: ANÁLISE  
CIENTOMÉTRICA E AVALIAÇÃO MULTIDIMENSIONAL NA  
CULTURA DO CAFÉ CONILON E PIMENTA DO REINO**

**São Mateus- ES**

**Março de 2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA  
TROPICAL**

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA: ANÁLISE  
CIENTOMÉTRICA E AVALIAÇÃO MULTIDIMENSIONAL NA  
CULTURA DO CAFÉ CONILON E PIMENTA-DO-REINO**

**THAIS ALMEIDA DO NASCIMENTO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal do Espírito  
Santo, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Agricultura Tropical, para obtenção do  
título de Mestre em Agricultura  
Tropical.

Prof. Dr. Marcelo Barreto da Silva

**São Mateus- ES**

**Março de 2023**

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

A447i Almeida do Nascimento, Thais, 1994-  
INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA:  
ANÁLISE CIENTOMÉTRICA E AVALIAÇÃO  
MULTIDIMENSIONAL NA CULTURA DO CAFÉ CONILON  
E PIMENTA DO REINO / Thais Almeida do Nascimento. -  
2023.  
85 f. : il.

Orientador: Marcelo Barreto da Silva.

Coorientadores: João Marcos Louzada, Angelo Augusto  
Silva Sampaio.

Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) -  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário  
Norte do Espírito Santo.

1. Agricultura. 2. Sustentabilidade. I. Barreto da Silva,  
Marcelo. II. Louzada, João Marcos. III. Augusto Silva Sampaio,  
Angelo. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro  
Universitário Norte do Espírito Santo. V. Título.

CDU: 63

---

THAIS ALMEIDA DO NASCIMENTO

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA: ANÁLISE  
CIENTOMÉTRICA E AVALIAÇÃO MULTIDIMENSIONAL NA  
CULTURA DO CAFÉ CONILON E PIMENTA DO REINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 22 de março de 2023.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

*Edney Leandro da Vitória*

---

**Prof(a). Dr(a). Edney Leandro da Vitória**  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Presidente(a)

*João Marcos Louzada*

---

**Prof(a). Dr(a). João Marcos Louzada**  
Instituto Federal do Espírito Santo

*Angelo A. S. Sampaio*

---

**Prof(a). Dr(a). Ângelo Augusto Silva  
Sampaio**  
Universidade Federal do Vale do São  
Francisco

*Erica Duarte*

---

**Prof(a). Dr(a). Erica Duarte Silva**  
Universidade Federal do Espírito Santo





### Capa de Aprovação - Thais

Data e Hora de Criação: 22/05/2023 às 14:22:46

Documentos que originaram esse envelope:

- Capa de Aprovação - Thais.pdf (Arquivo PDF) - 1 página(s)



### Hashs únicas referente à esse envelope de documentos

[SHA256]: deb04504655919976f5ec6e7ac3a0fd80990331c4a779e944555f8aba463eafb

[SHA512]: 67d205a07da1dc0adc51696916ee93788c1d5295518dd606804606d69df2c8a1b97799682d51c807b1568dbb0b369f116ae20badf689feb663a8c423b28300ba

### Lista de assinaturas solicitadas e associadas à esse envelope



#### ASSINADO - Ângelo Augusto Silva Sampaio (angelo.sampaio@univasf.edu.br)

Data/Hora: 22/05/2023 - 15:07:56, IP: 177.71.94.160

[SHA256]: 3fcbbea3e29f156eb9fce9eb39e34407b90532a751d8ca03bd5f1acf620bb85b



#### ASSINADO - Edney Leandro Da Vitoria (edney.vitoria@ufes.br)

Data/Hora: 22/05/2023 - 15:08:59, IP: 189.91.158.130, Geolocalização: [-18.733285, -39.760103]

[SHA256]: 7ebd8f4b92bfbafa324dcebea912e55231295b51d959067a02940daceead6b92



#### ASSINADO - João Marcos Louzada (louzada.geostat@gmail.com)

Data/Hora: 24/05/2023 - 22:44:03, IP: 177.71.45.184, Geolocalização: [-19.495495, -40.750747]

[SHA256]: 981353ff01e5d9bcc50bc8569ef69115f2bde17ab42f8627ddfc3f0dd885821



#### ASSINADO - Erica Duarte Silva (profaericaduartesilva@gmail.com)

Data/Hora: 24/05/2023 - 14:44:00, IP: 45.160.243.172

[SHA256]: 7a6259a7cc7bd8724a9d26eef781b030a8676144980c84a23576c8ac655b4e8a

### Histórico de eventos registrados neste envelope

24/05/2023 22:44:03 - Envelope finalizado por louzada.geostat@gmail.com, IP 177.71.45.184

24/05/2023 22:44:03 - Assinatura realizada por louzada.geostat@gmail.com, IP 177.71.45.184

24/05/2023 22:37:51 - Envelope visualizado por louzada.geostat@gmail.com, IP 177.71.45.184

24/05/2023 14:44:00 - Assinatura realizada por profaericaduartesilva@gmail.com, IP 45.160.243.172

22/05/2023 15:08:59 - Assinatura realizada por edney.vitoria@ufes.br, IP 189.91.158.130

22/05/2023 15:08:27 - Envelope visualizado por edney.vitoria@ufes.br, IP 189.91.158.130

22/05/2023 15:07:56 - Assinatura realizada por angelo.sampaio@univasf.edu.br, IP 177.71.94.160

22/05/2023 15:04:52 - Envelope visualizado por angelo.sampaio@univasf.edu.br, IP 177.71.94.160

22/05/2023 14:29:44 - Envelope registrado na Blockchain por fabricio.nobrega@ufes.br, IP 200.137.72.162

22/05/2023 14:29:43 - Envelope encaminhado para assinaturas por fabricio.nobrega@ufes.br, IP 200.137.72.162

22/05/2023 14:22:47 - Envelope criado por fabricio.nobrega@ufes.br, IP 200.137.72.162

Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajosa! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar".

**Josué 1:9**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por me sustentar durante os momentos de angústia.

Aos meus pais Jovenildo e Maria por me serem minha fortaleza, referência e refúgio.

À minha irmã Aline e meu cunhado Gabriel por serem exemplos de fé.

A família Morosini França, pelo acolhimento, carinho e todo o apoio prestado durante todo o processo.

As amigas que construí no PPGAT, em especial a Maria Juliete, Liz e Diana, pelos momentos de conversas e conselhos, obrigada!

A meu orientador Prof. Dr Marcelo Barreto da Silva por ter sido compreensível, flexível e sábio diante dos imprevistos e as dificuldades encontradas para desenvolver esse tema tão complexo.

Aos professores coorientadores Dr. João Marcos Louzada e Dr. Angelo Augusto Silva Sampaio, que aceitaram o desafio de coorientar à distância, e com muita sabedoria e paciência dedicaram tempo e ensinamentos valiosos nessa jornada.

Ao professor Dr. Edney Leandro da Vitoria, por toda a assistência e orientação quanto professor e coordenador do programa.

À Universidade Federal do Espírito Santo, ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES) e ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical (PPGAT), pela oportunidade da realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por fornecer a bolsa durante toda a trajetória.

Aos produtores rurais entrevistados no município de São Mateus, que foram atores essenciais para o desenvolvimento da pesquisa.

E a minha querida avó Maria, que partiu durante o meu ingresso no curso. -Ah minha amada avó, quantas saudades! Para a senhora eu dedico essa etapa que se conclui em minha vida.

Obrigada a todos!

## SUMÁRIO

RESUMO .....	v
ABSTRACT.....	vi
CAPÍTULO 1 .....	1
<b>1.1 AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO AGRÍCOLA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA LITERATURA .....</b>	<b>2</b>
1.1.1 Resumo.....	2
1.1.2 Abstract.....	2
1.1.3 Introdução .....	3
1.1.4 Metodologia .....	6
1.1.5 Resultados e discussão .....	7
1.1.6 Conclusões .....	16
1.1.7 Referências .....	17
CAPÍTULO 2 .....	23
<b>2.1 CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA.....</b>	<b>24</b>
2.2.2 Abstract.....	24
2.2.3 Introdução .....	25
2.2.4 Metodologia .....	28
2.2.5 Resultados e discussão .....	31
2.2.5.1 Características estruturais das propriedades e rendimento das culturas. ....	31
2.2.5.2 Desempenho dos atributos da dimensão econômica. ....	33
2.2.5.3 Desempenho dos atributos da dimensão ambiental. ....	34
2.2.5.4 Desempenho dos atributos da dimensão social. ....	35
2.2.5.5 Análise de componentes principais e determinação dos indicadores de sustentabilidade. ....	37
2.2.5.6 Índices de sustentabilidade e distribuição espacial das propriedades. ....	45
2.2.5.7 Perfil sustentável das propriedades em relação aos distritos. ....	47
2.2.5.8 Dendrograma com o agrupamento das propriedades de conforme a similaridade das respostas dos produtores entrevistados. ....	48
2.2.6 Conclusões .....	49
2.2.7 Referências .....	51
2.2.8 Apêndices .....	59



## RESUMO

NASCIMENTO, Thais Almeida; M. Sc; Universidade Federal do Espírito Santo; março de 2023; **Indicadores de sustentabilidade agrícola: análise cientométrica e avaliação multidimensional na cultura do café conilon e pimenta-do-reino**; Orientador: Marcelo Barreto da Silva; Coorientadores: João Marcos Louzada e Angelo Augusto Silva Sampaio.

Dentre os estados brasileiros, destaca-se o Espírito Santo, o maior produtor de café conilon e pimenta-do-reino, que representam respectivamente a 70% e 55% da produção nacional. Com lavouras concentradas ao norte do estado, essas são importantes fonte de renda e emprego. Entretanto, a intensificação da produção sob o cenário de instabilidade climática e escassez de recursos naturais, pode ser uma ameaça a longevidade das atividades. Portanto, a sustentabilidade da produção das culturas é essencial, demandando-se uma avaliação das condições ambientais, sociais e econômicas das propriedades. Contudo, apesar do volume de trabalhos publicados, há uma necessidade de analisar a significância do tema e sua aplicação na pesquisa. Sendo assim, o primeiro capítulo desta pesquisa teve o objetivo realizar uma análise bibliométrica na *Web of Science*, dos principais estudos, pesquisadores, organizações e países relevantes na pesquisa acadêmica sobre a avaliação da sustentabilidade agrícola. Os termos de busca usados foram *agricultural sustainability, sustainability assessment, performance analysis, farm level, small owner, ambiental, economic e social*. Os resultados mostraram um crescimento exponencial nas pesquisas nos últimos sete anos. O desenho de indicadores apoiado por métodos estatísticos multivariados mostra-se uma tendência na avaliação da sustentabilidade. Apesar do notável número de artigos nacionais, destacaram-se os estudos realizados fora da realidade brasileira, sendo indicativo da necessidade de investimentos em pesquisas e fortalecimento de cooperação científica. O objetivo do segundo capítulo foi propor um método de avaliação de sustentabilidade a partir da definição de indicadores que descrevam os aspectos econômicos, ambientais e sociais de na produção de café conilon e pimenta-do-reino da região norte do estado do Espírito Santo. A pesquisa foi realizada no município de São Mateus/ES em 50 propriedades, os dados foram coletados mediante entrevista *in loco* com produtores de ambas as culturas. Apurou-se 62 variáveis que foram padronizadas e submetidas a análise exploratória por estatística descritiva. Em seguida, a análise de correlação de Pearson

permitiu a extração de uma matriz com 21 variáveis, onde as suposições amostrais foram validadas pelo teste de Bartlett a 5% de significância e teste de critério Kaiser, com isso, aplicou-se a análise de componentes principais para reduzir as variáveis em indicadores. Os índices de sustentabilidade foram obtidos pelos escores de cada indicador incorporando aos indivíduos o atributo espacial. Para comparar o perfil de sustentabilidade foi construído intervalos de confiança percentil usando o método *bootstrap* com 95% de confiança. Por fim foi realizado a análise de *clusters* baseada no método de classificação não hierárquico com o apoio do algoritmo *k-means* para agrupar as propriedades conforme a similaridade das respostas dos entrevistados. Todas as análises foram realizadas no R Studio. A metodologia permitiu a apuração de quatro indicadores que atenderam aos princípios sustentáveis. O desempenho econômico foi altamente correlacionado com princípios sociais. Fatores estruturais influenciam nos aspectos socioeconômicos da região. Tem-se a assistência técnica uma das principais ações para fomentar a produtividade das culturas. Os indicadores apurados neste estudo foram adequados para aferir o índice de sustentabilidade das propriedades de café conilon e pimenta-do-reino no norte do estado do Espírito Santo.

**Palavras-chave:** *Coffea canephora*, *Piper nigrum* L., agricultura, bibliometria, análise multivariada, clima.

## ABSTRACT

NASCIMENTO, Thais Almeida; M.Sc; Federal University of Espirito Santo; March 2023; **Agricultural sustainability indicators: scientometric analysis and multidimensional evaluation in the cultivation of conilon coffee and black pepper**; Advisor: Marcelo Barreto da Silva; Co-advisors: João Marcos Louzada and Angelo Augusto Silva Sampaio.

Among the Brazilian states, Espírito Santo stands out, the largest producer of conilon coffee and black pepper, which represent respectively 70% and 55% of national production. With crops concentrated in the north of the state, these are an important source of income and employment. However, the intensification of production under the scenario of climate instability and scarcity of natural resources, can be a threat to the longevity of activities. Therefore, the sustainability of crop production is essential, demanding an assessment of the environmental, social and economic conditions of the properties. However, despite the volume of published works, there is a need to analyze the significance of the theme and its application in research. Therefore, the first chapter of this research aimed to carry out a bibliometric analysis on the Web of

Science, of the main studies, researchers, organizations and countries relevant to academic research on the assessment of agricultural sustainability. The search terms used were agricultural sustainability, sustainability assessment, performance analysis, farm level, small owner, environmental, economic and social. The results showed an exponential growth in searches over the past seven years. The design of indicators supported by multivariate statistical methods shows a tendency in the assessment of sustainability. Despite the notable number of national articles, studies carried out outside the Brazilian reality stood out, indicating the need for investments in research and strengthening of scientific cooperation. The objective of the second chapter was to propose a method of evaluating sustainability based on the definition of indicators that describe the economic, environmental and social aspects of the production of conilon coffee and black pepper in the northern region of the state of Espírito Santo. The research was carried out in the municipality of São Mateus/ES in 50 properties, data were collected through on-site interviews with producers of both cultures. It was found 62 variables that were standardized and submitted to exploratory analysis by descriptive statistics. Then Pearson's correlation analysis

allowed the extraction of a matrix with 21 variables, where the sampling assumptions were validated by the Bartlett test at 5% of significance and the Kaiser criterion test, with this, principal component analysis was applied to reduce the variables into indicators. The sustainability indexes were obtained by the scores of each indicator incorporating the spatial attribute to the individuals. To compare the sustainability profile, percentile confidence intervals were constructed using the bootstrap method with 95% confidence. Finally, cluster analysis was performed based on the non-hierarchical classification method with the support of the k-means algorithm to group the properties according to the similarity of the respondents' responses. All analyzes were performed in R Studio. The methodology allowed the calculation of four indicators that met the sustainable principles. Economic performance was highly correlated with social principles. Structural factors influence the socioeconomic aspects of the region. Technical assistance is one of the main actions to promote crop productivity. The indicators determined in this study were adequate to measure the sustainability index of conilon coffee and black pepper properties in the north of the state of Espírito Santo.

**Key words:** *Coffea canephora*, *Piper nigrum L.*, agriculture, bibliometrics, multivariate analysis, climate.

## **CAPÍTULO 1**

## 1.1 AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO AGRÍCOLA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA LITERATURA

### 1.1.1 Resumo

Tendo em conta que as projeções de crescimento populacional aceleram cada vez mais sob um cenário de escassez de recursos naturais, cabe à agricultura superar o desafio de produzir alimentos de forma sustentável. Nesse sentido, a comunidade científica tem se empenhado em avaliar a sustentabilidade a fim de alcançar sistemas agrícolas produtivos, resilientes e equitativos. Considerando que estruturas teóricas podem orientar a condução de investigações e possibilitam um melhor entendimento sobre a avaliação da sustentabilidade, o presente estudo teve como objetivo realizar uma análise bibliométrica na *Web of Science* de principais contribuições de estudos, organizações, pesquisadores e países relevantes na pesquisa acadêmica sobre a avaliação da sustentabilidade agrícola. Foram selecionados somente registros em inglês provenientes do período de 2021 a 2022, empregando-se o software *VosViewer* 1.6.18 para a sistematização dos dados, elaboração dos gráficos de rede e de densidade. Um conjunto de 394 artigos foram apurados, onde a maioria foi de origem italiana e chinesa. Em termos de evolução temporal, notou-se incremento exponencial no número de publicações a partir de 2015, evidenciando interesse dos pesquisadores pelo tema. Os trabalhos evidenciados no acoplamento bibliográfico seguem uma tendência de avaliação de sustentabilidade baseada em indicadores fundamentados em temas que variam conforme o modelo de sistema agrícola. No entanto, a análise destacou estudos realizados fora da realidade brasileira, indicando a necessidade de mais investimentos em pesquisas e fortalecimento de cooperação científica para aumentar sua relevância do país no contexto analisado.

**Palavras-chave:** Alimentação, bibliometria, indicadores, conservação, metodologia, agricultura.

### 1.1.2 Abstract

Bearing in mind that population growth projections are accelerating more and more under a scenario of scarcity of natural resources, it is up to agriculture to overcome the challenge of producing food in a sustainable way. In this sense, the scientific community has been committed to assessing sustainability in order to achieve productive, resilient and equitable agricultural systems. Considering that theoretical

frameworks can guide the conduct of investigations and enable a better understanding of sustainability assessment, the present study aimed to carry out a bibliometric analysis on the Web of Science of the main contributions of studies, organizations, researchers and countries relevant to academic research on the assessment of agricultural sustainability. Only records in English from the period 2021 to 2022 were selected, using the VosViewer 1.6.18 software for data systematization, elaboration of network and density graphs. A set of 394 articles were selected, most of which were of Italian and Chinese origin. In terms of temporal evolution, there was an exponential increase in the number of publications from 2015 onwards, evidencing the interest of researchers in the subject. The works highlighted in the bibliographic link follow a trend of sustainability assessment based on indicators based on themes that vary according to the agricultural system model. However, the analysis highlighted studies carried out outside the Brazilian reality, indicating the need for more investments in research and the strengthening of scientific cooperation to increase the country's relevance in the analyzed context.

**Key words:** Food, bibliometrics, indicators, conservation, methodology, agriculture.

### 1.1.3 Introdução

Com a população mundial prevista para exceder 9,8 bilhões de pessoas até 2050, a atual preocupação é saber se o mundo conseguirá aumentar sua capacidade nutricional e garantir a segurança alimentar de todos (ONU, 2019). As projeções indicam que nas próximas três décadas, a demanda por cereais e grãos cresçam dos atuais 2,1 para 3 bilhões de toneladas, além disso, o consumo de proteína animal deve passar de 270 para 470 M/t (BRUINSMA, 2009; ALEXANDRATOS e BRUISMA 2012). Neste ritmo de consumo, estima-se que será necessário aumentar rendimento agrícola em 70% para atender a demanda de uma população mundial em constante crescimento (FAO, 2018).

Neste contexto o Brasil desempenha papel fundamental na produção agrícola, apresentando grande relevância no comércio mundial do agronegócio. Segundo o *Economic Research Service*, desde os anos 2000 os produtos da agricultura brasileira crescem cerca de 3,75% ao ano, abaixo apenas da China com 4,41% (USDA, 2019). Sendo destaque mundial nas exportações de soja, açúcar, carnes de frango, suína e bovina, suco de laranja, café e pimenta-do-reino (CONAB, 2022). Os benefícios dessa condição possibilitam retorno financeiro e permite a manutenção dos processos de

produção, oportunizando dignidade social a todos os envolvidos na cadeia produtiva (BOLFE, 2018).

Por outro lado, a preocupação com os impactos ambientais decorrentes da intensificação agrícola tomou grande proporção nos últimos anos (HUNTER, 2017; SEPPELT et al., 2020; ABBASS, 2022). Esses impactos se expressam, por exemplo, na redução da diversidade biológica, erosão, contaminação dos solos e aumento de regiões em situação de estresse hídrico (RAY et al., 2019; HALSCH et al., 2021). Os reflexos desses problemas acometem não só aos agricultores, mas também para a sociedade em geral (VALENTI et al., 2018).

Neste sentido, atingir tal crescimento sem exacerbar os problemas ambientais já existentes é uma grande preocupação. Portanto, é urgente desenvolver sistemas, equitativos, resilientes e economicamente produtivos, de forma garantir a viabilidade geral do setor no cenário de escassez de recursos naturais e altas demandas por alimento (AJAZ et al., 2019; PASTEUR et al., 2020; BADZIAK et al., 2021; ZHANG et al., 2022).

Esses anseios podem ser alcançados através do uso desses recursos a partir dos princípios da sustentabilidade. De acordo com o Relatório *Brundtland* (1987), o desenvolvimento sustentável é aquele que capaz de suprir às necessidades de hoje, sem implicar na capacidade de as gerações futuras suprirem às suas necessidades, através do uso consciente dos recursos naturais.

Para Miller (2008) a sustentabilidade é a capacidade dos agroecossistemas, englobando as economias e sistemas culturais humanos, de persistir, adaptando-se às mudanças das condições ambientais. Neste sentido, a sustentabilidade aborda objetivos de natureza econômica, social e ambiental (MORENO e DRIES, 2022). Equilibrar esses objetivos no âmbito agrícola significa assegurar o padrão e equilíbrio da produtividade dos plantios a longo prazo, através do uso de métodos que auxiliam na gestão da propriedade sem causar danos ao meio ambiente (ALTIERI, 1994).

Contudo, aumentar a sustentabilidade é uma tarefa desafiadora, e requer a avaliação de diversas variáveis necessárias para traduzir os aspectos ambientais e os fenômenos socioeconômicos de um sistema agrícola (RODRIGUES et al. 2016). Este diagnóstico permite descrever as características dos sistemas e identificar limitações e aptidões, assim, as informações funcionam como ponto inicial para mitigar fatores contraproducentes ao desenvolvimento sustentável (ANTUNES et al., 2017; MORENO e DRIES 2022).

Para avaliar a sustentabilidade no setor, Binder e Wiek (2007) evidenciam como principais problemas a multidimensionalidade da agricultura, e a dificuldade de ponderar as diversas variáveis analisadas. Em vista disso, uma série de metodologias que visam atingir esses objetivos foram propostas, Maser et al. (2000) classificam-nas como: indicadores de sustentabilidade, índices de sustentabilidade, sistemas de referência e modelo de avaliação.

Com o apoio desses métodos, várias avaliações de sustentabilidade têm sido propostas, cita-se, por exemplo, a análise de eficiência, que tem como foco o uso eficiente de insumos agrícolas (MUTYASIRA et al., 2018). Análise de pontos críticos para identificar fatores que afetam a adoção de certas práticas agrícolas e limitam a sustentabilidade (DIAZ et al., 2021). A análise do ciclo de vida, que avalia o sistema desde o preparo da terra, desenvolvimento da cultura, beneficiamento da produção, até a disposição final dos resíduos dos produtos resultantes (SOUZA et al., 2021). A análise comparativa onde um sistema mais sustentável é mostrado como exemplo para os demais (COSTA-ALBA et al., 2019). E por fim, a análise existente, onde avaliação é realizada pré e pós a implantação do sistema agrícola (CHOPIN et al., 2021).

Considerando que literatura científica dispõe de várias estruturas teóricas e metodológicas que podem orientar na condução de trabalhos acerca da avaliação da sustentabilidade agrícola (BINDER et al., 2010; OLDE et al., 2017; ARULNATHAN et al., 2020). Cabe ao pesquisador realizar uma análise das tendências científicas, para uma compreensão panorâmica da literatura sobre o tema em questão (CHOPIN et al., 2021).

Uma ferramenta de grande auxílio para este tipo de análise, são as bases indexadoras. Estas reúnem um conjunto de periódicos e fornecem dados de trabalhos indexados com seletividade editorial, facilitando a localização do material de interesse sem a necessidade de procurar minuciosamente todos os periódicos da área em questão (FREITAS et al., 2017).

Sendo assim, objetivou-se neste estudo, realizar uma análise bibliométrica na base de dados *Web of Science*, de principais contribuições de estudos, organizações, pesquisadores e países relevantes na pesquisa acadêmica sobre a avaliação da sustentabilidade agrícola.

A bibliometria é um ramo da ciëntometria que reúne um conjunto de métodos matemáticos e estatísticos baseados em leis, que permitem investigar tendências de pesquisa em vários campos de estudo (CHOPIN et al., 2021). Sendo as análises de



desempenho e mapeamento científico, os principais métodos utilizados nesse tipo de investigação (NOYONS et al., 1999).

#### 1.1.4 Metodologia

A *Web of Science (WoS)* foi consultada para a pesquisa por ser reconhecida internacionalmente como uma das mais confiáveis e completas bases de dados para pesquisa científica, além de fornecer uma cobertura multidisciplinar de publicações e periódicos de alta qualidade (SINGH et al., 2021; PASKO et al., 2021).

No menu “*documents*” da coleção principal da *WoS*, na opção *TOPIC* que confere os títulos dos artigos, resumos e palavras-chave, inseriu-se o código de busca: *TOPIC (“agricultural sustainability”) OR TOPIC (“sustainability assessment”) OR TOPIC (“performance analysis”) AND ALL FIELDS (“farm level”) AND ALL FIELDS (“small owner”) AND ALL FIELDS (ambiental) AND ALL FIELDS (economic) AND ALL FIELDS (social)*). Os operadores booleanos *OR* e *AND* foram utilizados para direcionar a pesquisa na base de dados ao tema.

Após executar o comando de busca foram encontrados 5833 documentos, para apurar os que concordavam com o eixo temático da pesquisa aplicou-se os critérios de elegibilidade: artigos em inglês de acesso livre nas áreas correlatas ao tema entre 2012 a 2022, resultando em 394 artigos apurados. Para compilar os dados necessários para a bibliometria, utilizou-se os sistemas métricos “*Export Full Report*”, “*Analyze Results*” e “*Citation report*”, em seguida os dados foram exportados da base *WoS* e organizados em documento no formato texto sem formatação.

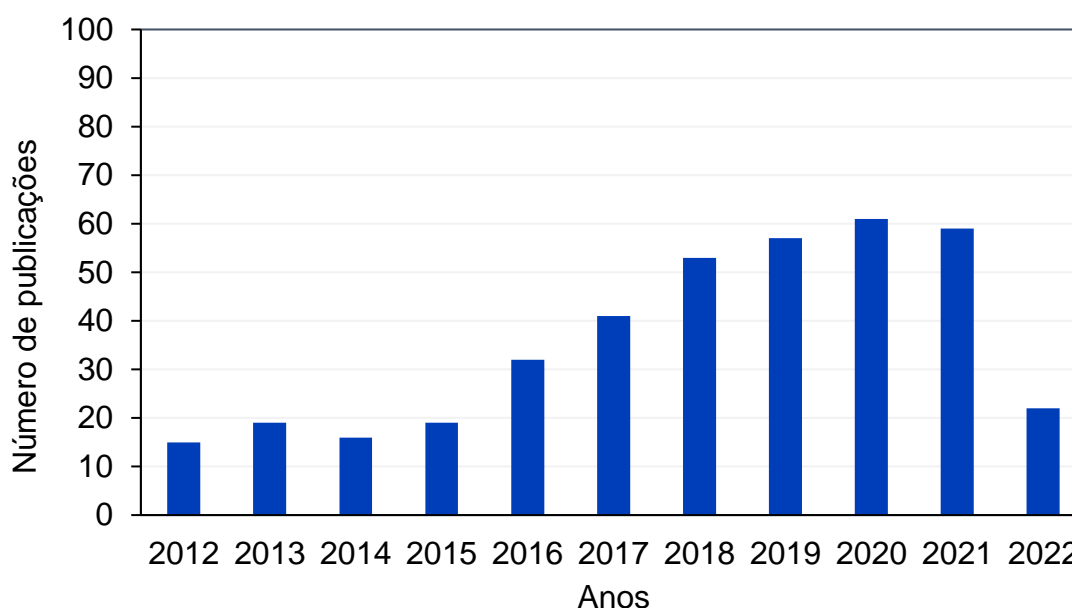
Com base na teoria bibliométrica, a análise de desempenho foi realizada a partir de indicadores bibliométricos como o número de publicações (NP) e número de citações (NC), que permitiram verificar a evolução temporal da produção científica, produtividade dos países e dos autores e produtividade/relevância dos periódicos e das instituições de pesquisa (CHUEKE; AMATUCCI, 2022). Já a análise de mapeamento científico permitiu avaliar a inter-relações entre os dados e a tendência de desenvolvimento de pesquisas, adotando a ferramenta de visualização *VosViewer* versão 1.6.18 criada por Eck e Waltman (2009).

Esse software possui métodos bibliométricos que possibilitam elaborar o mapeamento científico, sendo a análise de citações, que permite avaliar a influência de países/instituições, fontes e autores através da frequência de citações, a análise de coautoria, que mostra as relações de colaboração entre diferentes países e instituições por meio do número de publicações em coautoria, a análise de

coocorrência, que mede a correlação entre as palavras-chave contando o número de ocorrências entre as publicações, e finalmente, a análise da evolução temática que ilustra direções e tendências no campo de pesquisa, feita com base nas medições de densidade (ROCCHI et al., 2020).

### 1.1.5 Resultados e discussão

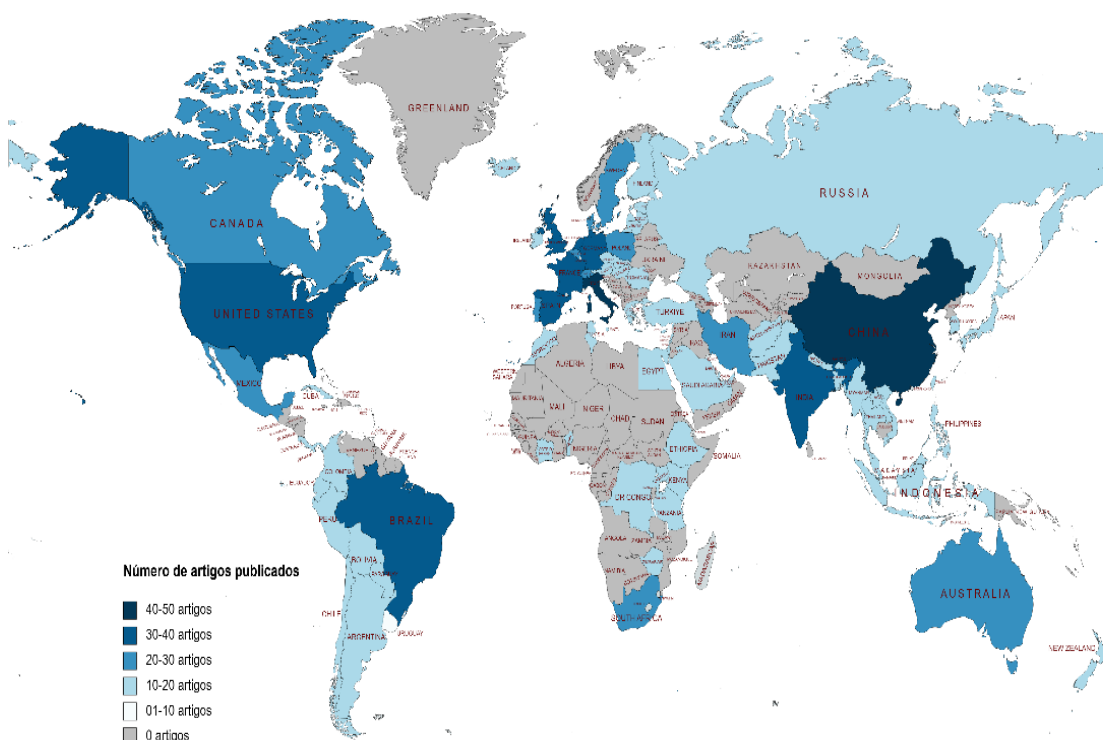
Um total de 394 registros entre os anos de 2012 e 2022 foram obtidos da base WoS, a média de publicações nesse período foi de 35,8 por ano, sendo 2020 o ano com maior número de publicações com 61 artigos e 2012 com menor número de publicações (n=15). Observa-se uma tendência no crescimento das publicações a partir de 2016 com 32 artigos, sendo que o período entre 2018 a 2022 compreendeu 74,37% das publicações (Figura 1).



**FIGURA 1.** Evolução anual do número de publicações sobre a avaliação da sustentabilidade agrícola entre os anos de 2012 a 2022.

Como observado, a maioria dos trabalhos foram publicados a partir de 2016, essa ascensão de publicações pode ser atribuída a divulgação dos novos objetivos de desenvolvimento sustentável para mensurar o avanço da agricultura conforme a agenda mundial adotada pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015 (ONU, 2015; SCHERER et al., 2018; ALI e PERNA, 2021; VIANA et al., 2022). Consoante a Mariano e Rocha (2017) pode-se dizer que, o avanço no número de publicações ao longo dos anos indica a importância do tema, e o interesse dos pesquisadores em investigá-lo.

Segundo o levantamento, 82 países estão envolvidos nas publicações dos 394 artigos, sendo os que mais publicaram, Itália com 50 artigos, seguida da China (n= 47), Alemanha (n= 37), Estados Unidos da América (n= 34), e Brasil com 33 artigos, esses países somam 51,2% dos artigos discutidos neste estudo (Figura 2).



**FIGURA 2.** Distribuição global da produção científica que envolve a avaliação da sustentabilidade na agricultura. Quanto mais escura o tom de azul, maior o número de trabalhos publicados

Conforme a Figura 2, as publicações estão altamente concentradas em vários países europeus e asiáticos. Os países europeus são mundialmente reconhecidos por desenvolverem metas para mitigar os impactos ambientais da cadeia agroalimentar até 2030 (EUROPEAN COMMISSION, 2019; RAVAZZOLI et al., 2021), além de acumularem experiências como o Protocolo de Kyoto e a Estratégia Europa 2020 (YU, 2022). No tocante aos países asiáticos, a China foi um dos primeiros países a propor e implementar estratégias de desenvolvimento sustentável, e nos últimos anos tem realizado medidas para resolver problemas ambientais segundo os Objetivos do Milênio (JU et al., 2020; YU, 2022). Quanto ao núcleo de países exportadores como o Brasil e os EUA, os estudos decorrem como consequência das pressões impostas pelas agendas políticas sustentáveis e pelo mercado consumidor que exige cada vez mais sustentabilidade no processo de produção de *commodities* (ALLEN e HOF., 2019; BOLFE et al., 2021).

Foram identificados 64 periódicos utilizados para a publicação dos artigos, este indicador é importante, pois aponta as principais fontes de disseminação

utilizadas pelos pesquisadores da área (YU, 2022). Assim, dos dez primeiros periódicos, o *Sustainability* foi mais prolífico com 132 publicações (33,50%), seguido por *Ecological Indicator* com 48 publicações (12,18%) e *Environmental Impact Assessment Review* com 24 publicações (6,9%) (Tabela 1).

**TABELA 1.** Os dez periódicos científicos mais relevantes em termos de número de publicações (NP) e citações (NC).

Periódicos	NP	NC
Sustainability	132	1466
Ecological Indicators	48	2166
Environmental Impact Assessment Review	24	867
Agricultural Systems	21	449
International Journal of Agricultural Sustainability	17	143
Journal of Environmental Management	17	421
International Journal of Life Cycle Assessment	14	430
Agroecology and Sustainable Food Systems	12	133
Sustainability Science	9	201
Resources Conservation and Recycling	7	216

Fonte: Adaptado da *Web Of Science*, 2022.

Além disso, conforme o *Journal Citation Reports 2020*, os três periódicos que mais publicaram foram os que apresentaram maior relevância<sup>1</sup>. Entretanto, o *Ecological Indicators* apresentou maior significância com 2166 citações, *Sustainability* com 1466 e *Environmental Impact Assessment Review* com 867 citações. Em termos de área de conhecimento, os periódicos estão voltados para ciências ambientais, agricultura, ecologia, conservação ambiental e tecnologia (CLARIVATE, 2022).

Das instituições que mais contribuíram para a área pesquisada, a Tabela 2 mostra as 10 mais influentes, representando 28,3 % do total. Destacaram-se o *Institut National de la Recherche Agronomique* (INRA) com 24 publicações, *Wageningen university research* com 16 e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa) com 12 publicações. Verifica-se que das 10 instituições mais influentes, o

<sup>1</sup> A relevância dos periódicos é avaliada por meio do *Journal Citation Reports* (JCR) o qual é um recurso que utiliza o indicador Fator de Impacto (FI) para a avaliação de periódicos científicos, calculado com base na contagem de citações recebidas, ou seja, quanto mais citações o periódico receber, maior o FI, maior sua relevância (CLARIVATE, 2022).

INRA e a *Wageningen university research* permanecem evidentes com 452 e 350 citações respectivamente, e o *Agroparistech* em terceiro com 214 citações.

**TABELA 2.** Instituições que mais contribuíram com artigos entre 2012 a 2022 em termos de número de publicações (NP) e citações (NC).

<b>Instituição</b>	<b>NP</b>	<b>NC</b>
INRA	24	452
Wageningen university research	16	350
Embrapa	12	182
CGIAR	11	90
Agroparistech	10	214
Chinese academy of sciences	09	146
China agricultural university	08	81
CIRAD	08	75
Institut AGRO	08	212
Swedish university of agricultural sciences	08	82

Fonte: Adaptado da *Web Of Science*, 2022.

A Embrapa foi a única instituição nacional que publicou entre as relevantes, entre os trabalhos mais citados destacam-se “Indicadores de sustentabilidade para avaliar sistemas de aquicultura” de Valenti et al. (2018) cujo objetivo foi desenvolver um portfólio de indicadores baseadas nas dimensões, social, ambiental e econômica, para avaliar diferentes sistemas aquícolas, e o trabalho de Mandarino et al. (2019) intitulado “Avaliação de boas práticas agrícolas e indicadores de sustentabilidade em sistemas pecuários sob condições tropicais”, no estudo os autores apresentaram uma série de indicadores ambientais para mostrar que os sistemas podem dobrar ou triplicar sua produção adotando boas práticas agrícolas aliadas ao uso de tecnologias de produção.

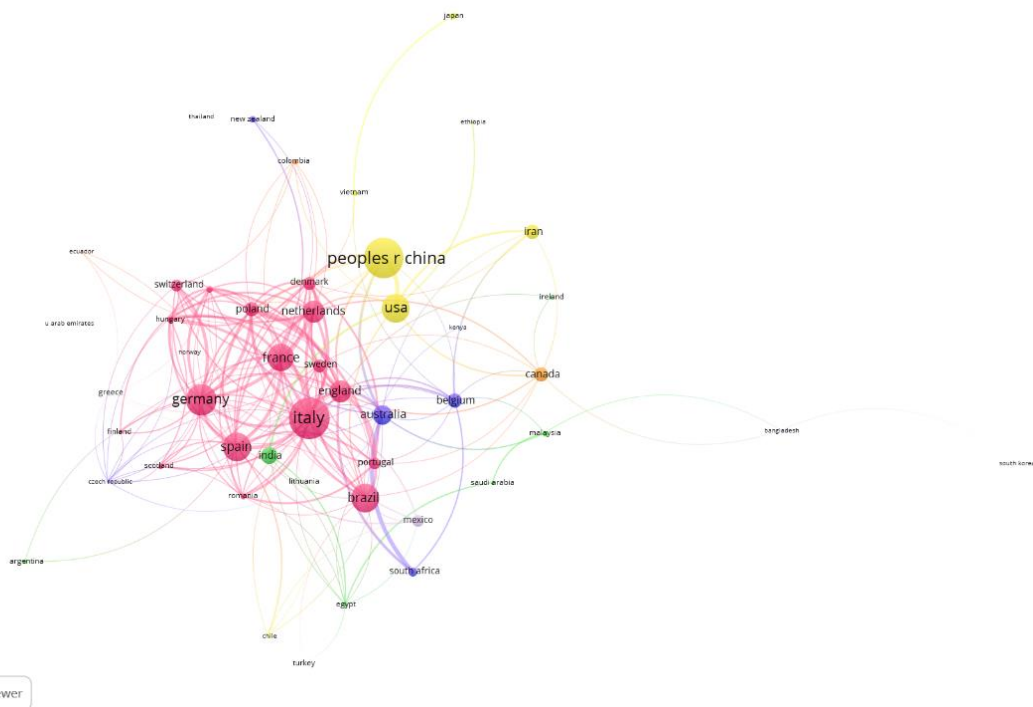
Ao analisar os dez autores mais prolíficos, nenhum publicou acima de 7 artigos e todos são de nacionalidade estrangeira. Angus Morrison Saunders foi o autor mais produtivo com sete artigos publicados, seguidos por Janny Pope com cinco artigos. A formação acadêmica dos autores basicamente se concentra na área de ciências ambientais, ecologia e ciências agrárias. Observa-se que não há uma concentração de publicações em um autor específico, mas uma difusão da produção por diversos autores (Tabela 3). Conforme Rodrigues e Godoy (2016), essa é uma característica de uma área de conhecimento cujo referencial teórico, identidade e institucionalização ainda continuam em processo de construção.

**TABELA 3.** Os 10 principais autores da pesquisa de avaliação da sustentabilidade agrícola em termos de quantidade de documentos publicados.

Autores	Número de publicações
Angus Morrison Saunders	07
Jenny Pope	05
Frederico Angevin	04
Alan Bond	04
Imke de Boer	04
Pieter Francois Retief	04
Byomkesh Talukder	04
Steven Van Passel	04
Hadi Veisi	04
Thomas Baumgartl	03

Fonte: Adaptado da *Web Of Science*, 2022.

Considerando que a colaboração científica pode melhorar a qualidade dos estudos, a rede de coautoria de pesquisas reflete um *rol* de possíveis intercâmbios entre as instituições e países (LIU et al., 2020; GONNOVA e RAZUVAEVA, 2021; KOVALENKO e BAÍA, 2021). Nesse sentido, para discutir as relações colaborativas, utilizou-se o algoritmo de agrupamento do *VosViewer* para obter a rede de colaboração ao nível de países (Figura 4) e organizações (Figura 5) com no mínimo cinco documentos compartilhados entre si.

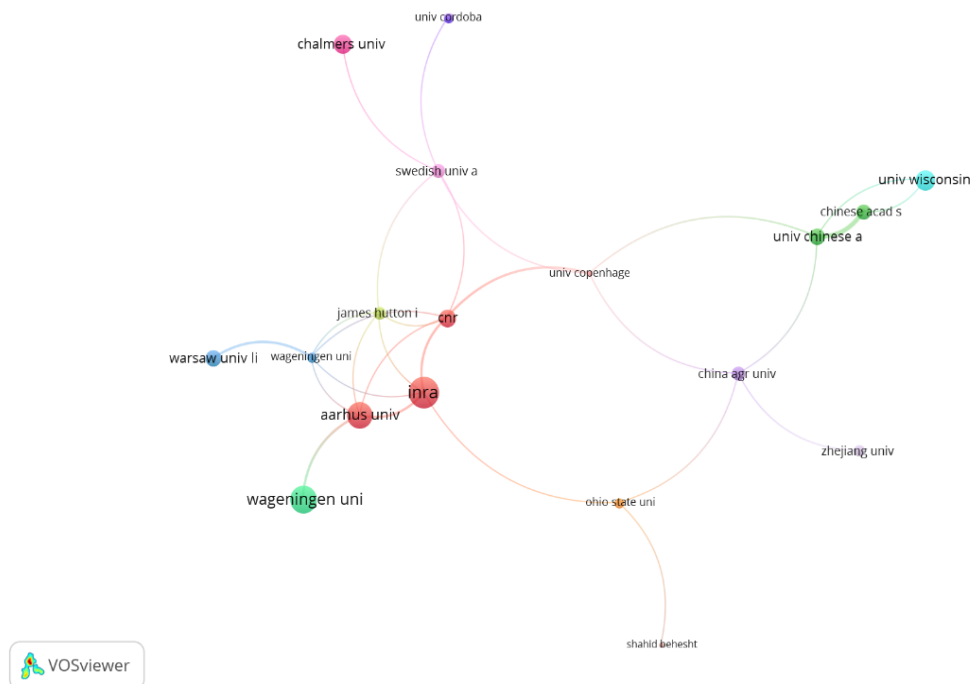


**FIGURA 4.** Rede de colaboração científica ao nível de países sobre avaliação da sustentabilidade agrícola.

Segundo o *VosViewer*, 36 países formam a rede de coautoria, observa-se na Figura 4 que a Itália, China, Alemanha e EUA compõem os maiores nós. Sendo que

os países que compõem o maior grupo da rede, em sua maioria fazem parte da União Europeia (UE). Esse resultado pode estar relacionado à estrutura institucional de pesquisa fornecida pela UE que produz uma forte rede de colaboração científica em seus países membros, que emerge por meio da centralidade de intermediação (*cluster* vermelho).

Esse aspecto parece ser apoiado pela rede de cooperação organizacional, em que instituições e universidades europeias têm o maior vínculo de intermediação (FIGURA 5). O INRA (*Institut National de la Recherche Agronomique*) por ser o primeiro instituto de pesquisa de caráter científico e tecnológico voltada à pesquisa agrônômica da Europa, desempenha papel central entre diversas instituições, e por isso o seu elevado número de publicações. Contrário às contribuições dos EUA e da China (Figura 4) que apesar de apresentarem boa comunicação acadêmica, os trabalhos encontram-se espalhados por diversas instituições (Figura 5). Embora o Brasil tenha apresentado bom desempenho nas pesquisas, e esteja inserido próximo da centralidade dos países europeus, observa-se que nenhuma organização nacional foi apontada na rede, revelando que as instituições nacionais precisam fortalecer sua cooperação internacional.

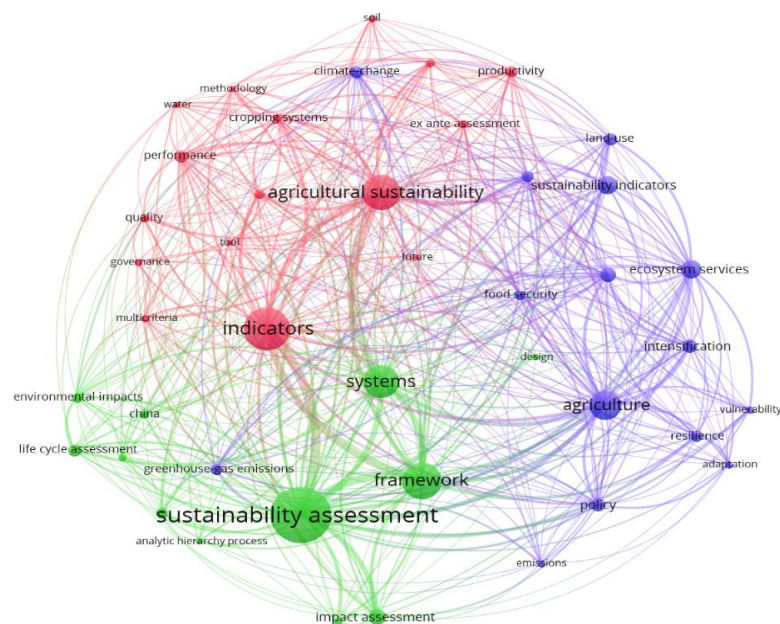


**FIGURA 5.** Rede de cooperação científica ao nível de instituições.

Com o auxílio do *VosViewer* foram cotadas 2.256 palavras-chave nos 394 artigos, portanto realizou-se a detecção de sinônimos presentes na lista de palavras-chave e destas selecionou-se 43 termos com ocorrência em pelo menos 5 trabalhos,

obtendo-se o mapa de rede de coocorrência de palavras-chave. Essa análise tem por finalidade identificar as principais abordagens do conteúdo das publicações, as associações de conteúdo e características implícitas na pesquisa relacionadas à temática estudada (MARIANO e ROCHA, 2017).

Com base na Figura 6, observa-se que as cinco principais palavras são: *sustainability assessment* (n=113), *indicators* (n=79), *framework* (n=65), *agricultural sustainability* (n=64) e *systems* (n=59). Apesar da formação de três *clusters*, a rede de palavras-chaves apresentou uma curta relação entre os termos que representam o foco principal do estudo, sendo identificadas 16 palavras no primeiro *cluster* (vermelho), 15 no segundo *cluster* (azul) e 12 no terceiro *cluster* (verde).



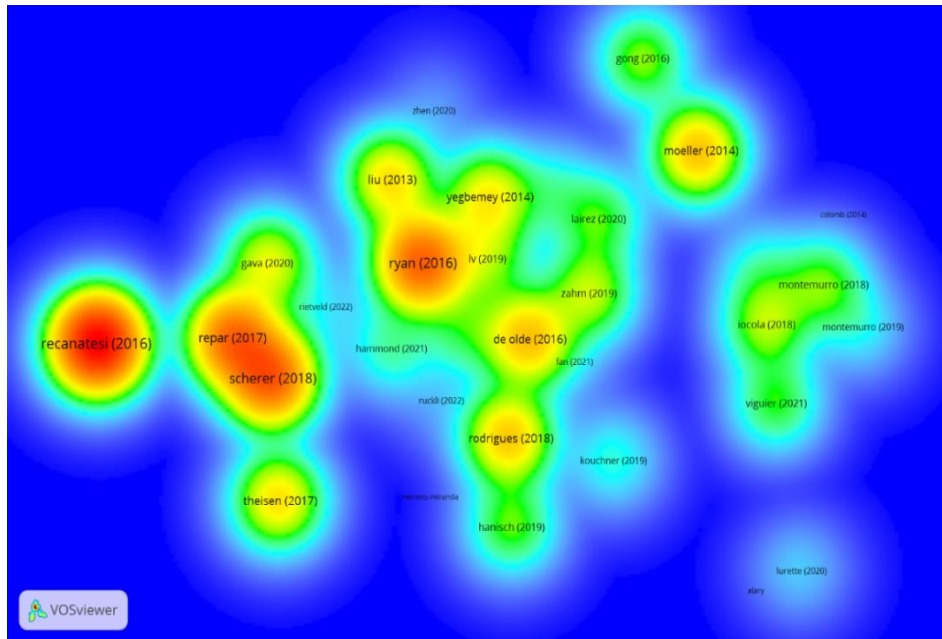
**FIGURA 6.** Rede de coocorrência de palavras-chave em artigos publicados no período de 2012 a 2022.

As demais palavras-chave identificadas na rede abordam desde métodos de avaliação de sustentabilidade, representadas pelas palavras *life cycle assessment*, *design*, *methodology*, *tool*, *multicriteria* e *hierarchy process* (COTEUR et al., 2020; HAMMOND et al., 2021; VEISI et al., 2022; AZADI et al., 2022), até a adoção de tecnologias no manejo para obter maior rentabilidade utilizando menos matéria-prima, representado pelas palavras *ecosystems services*, *resilience*, *adaptation*, *emissions*, *energy* e *conservation* (TELLES et al., 2019; YANG et al., 2022).

Para conhecer as tendências de estudo nessa área de pesquisa, foi realizado o acoplamento bibliográfico dos documentos apurados. Visualiza-se na Figura 7 a formação de seis *clusters*, destacando-se três manchas avermelhadas no mapa de



densidade. Verifica-se que os trabalhos evidenciados seguem uma tendência de avaliação da sustentabilidade baseada em indicadores.



**FIGURA 7.** Acoplamento bibliográfico das pesquisas envolvendo a avaliação da sustentabilidade no contexto agrícola.

O trabalho de Fábio Recanatesi e colaboradores, por exemplo, considerou um total de 12 indicadores fundamentados nos atributos: clima, solo, vegetação e uso da terra, para avaliar sistemas agroflorestais, com base na análise de pontos críticos. Com o auxílio de estatística multivariada os autores identificaram que a suscetibilidade do solo à degradação, está altamente correlacionada com práticas intensivas, perda de biodiversidade e área territorial fragmentada (RECANATESI et al., 2016).

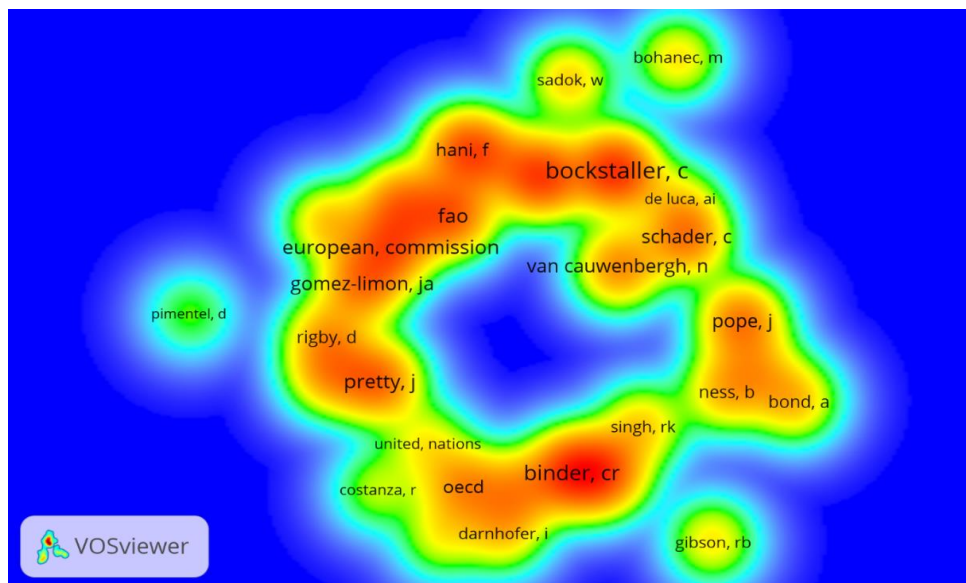
Quanto ao trabalho de Repar et al. (2017) os pesquisadores propõem uma estrutura para definir e medir o desempenho de propriedades de produção animal, abordando a perspectiva ecológica. No estudo, foi adotado a Análise do Ciclo de Vida, fundamentada em indicadores de eficiência produtiva, e identificaram que a qualidade de vida animal, idade de abate e morte prematura, foram fatores que mais interferiram para a sustentabilidade do sistema avaliado.

Por último, a autora Maria Ryan e colaboradores propuseram uma estrutura de avaliação de sistemas de produção animal e vegetal, a partir da definição de 25 indicadores fundamentados nos atributos: mão-de-obra, produtividade, lucratividade, mercado, viabilidade do sistema, emissões de gases de efeito estufa, equilíbrio de nitrogênio, uso de combustível e eletricidade. Os autores adotaram a abordagem Min-Max, numa escala de zero a 100 para avaliar as variáveis, e os resultados foram descritos com diagramas de teia, permitindo verificar que os indicadores sociais,

especialmente relacionado à educação apresentaram baixas pontuações e estão altamente correlacionados a questões de adoção de tecnologias e manejo sustentável (RYAN et al., 2016).

De acordo com Chopin et al. (2021) a avaliação com base em indicadores revela-se potencial, e caracteriza-se como uma das metodologias mais utilizadas para mostrar o estado da sustentabilidade dos sistemas agrícolas, entretanto, para uma alcançar melhores resultados e aceitação das propostas de intervenção, o agricultor deve estar envolvido no processo, uma vez que, este e sua família são os informantes mais qualificados para responderem as questões sobre sua propriedade.

Para identificar os autores citados nas referências das publicações apuradas, foi realizado a análise de cocitação (Figura 8). Visualiza-se a formação de oito *clusters* concentrados em três manchas avermelhadas.



**FIGURA 8.** Densidade de cocitação dos autores mais relevantes nas referências das publicações.

Os autores evidenciados na análise permitem compreender que a avaliação da sustentabilidade agrícola se destina a três diferentes aspetos: 1) *cluster* superior destina-se ao desenvolvimento de indicadores e métodos de avaliação de carácter multifuncional, ou seja, passíveis de serem empregados em distintos modelos de sistemas agrícolas, destacam-se os autores Nora Van Cauwenbergh, Cristian Bockstaller e José Gómez Limón. 2) *cluster* inferior destina-se em analisar o enquadramento emergente da sustentabilidade em termos de resiliência dos sistemas e suas interações socioecológicas, nesse destaca-se a autora Cláudia R. Binder. 3) destina-se à averiguação da evolução do conceito de sustentabilidade na literatura e suas múltiplas abordagens, a esse aspecto destaca-se a autora Jenny Pope (*cluster*

à direita). Destaca-se a existência de algumas publicações que citam organizações como a FAO, a ONU, a Comissão Europeia, e a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. Neste caso as organizações além de fornecerem dados estatísticos ao nível mundial, dispõe uma ampla gama de indicadores (CHOPIN et al., 2021; BAAKEN, 2022, ALAOUI, 2022).

### **1.1.6 Conclusões**

Considerando as técnicas bibliométricas, foi possível compreender aspectos que caracterizam o potencial de pesquisas sobre a avaliação da sustentabilidade em sistemas agrícolas. Verificou-se um incremento substancial no número de publicações de artigos científicos nos últimos seis anos, traduzindo a crescente preocupação da comunidade científica sobre o tema, principalmente dos países europeus e asiáticos.

A análise da rede de cooperação entre países e instituições, evidenciou que a produção de publicações tem uma tendência central em termos de distribuição geográfica, e afeiçãoada cooperação entre os países da região europeia. Além disso, a análise de palavras-chave revela que os temas são focados no desenvolvimento de metodologias de avaliação e adoção de tecnologias agrícolas.

O acoplamento bibliográfico mostrou que ainda não há consenso sobre a padronização dos indicadores de sustentabilidade, mesmo porque essa questão altera muito entre os tipos de sistemas. Contudo, a avaliação apoiada nesta metodologia utilizando métodos estatísticos multivariados mostra-se eficiente para o diagnóstico de sustentabilidade.

Apesar do notável número de artigos e da Empara ter sido apontada entre as instituições relevantes, as tendências evidenciadas caracterizam estudos realizados fora da realidade brasileira, este resultado é um indicativo da necessidade de investimentos em pesquisas e fortalecimento de cooperação científica com outros países.

Trabalhos posteriores a este contidos em outras bases de dados, como o Google Scholar, Scopus e SciELO podem contribuir com a análise bibliométrica a fim de ampliar o conhecimento acerca do tema abordado.

A análise bibliométrica apresenta-se como uma metodologia complexa e atualizada, que contribui para identificar tendências de pesquisas. A identificação de autores, coautores, instituições e países envolvidos na produção científica, junto a evolução temática, fornecem subsídio para futuros estudos em diferentes linhas de pesquisa.

### 1.1.7 Referências

- ABBASS, K.; QASIM, M. Z.; SONG, H.; MURSHED, M.; MAHMOOD, H.; YOUNIS, I. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 28, p. 42539–42559, abr. 2022. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>.
- AJAZ, A.; TAGHVAEIAN, S.; KHAND, K.; GOWDA, P.H.; MOORHEAD, J.E. Development and Evaluation of an Agricultural Drought Index by Harnessing Soil Moisture and Weather Data. **Water**, v. 11, n. 7, p. 1375, jul. 2019. <http://dx.doi.org/10.3390/w11071375>
- ALAOUI, A.; BARÃO, L.; FERREIRA, C.S.S.; HESSEL, R. An Overview of Sustainability Assessment Frameworks in Agriculture. **Land**, v. 11, n. 4, p. 537, abr. 2022. <http://dx.doi.org/10.3390/land11040537>.
- ALEXANDRATOS, Ni.; BRUINSMA, J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. **Unknown**, v. 03, n. 12, mai. 2012. <http://dx.doi.org/10.22004/AG.ECON.288998>.
- ALI, A.; PERNA, S. Sustainability indicators in Agriculture: a review and bibliometric analysis using scopus database. **Journal Of Agriculture And Environment For International Development (Jaeid)**, v. 115, n. 2, p. 5-21, dez. 2021. <http://dx.doi.org/10.36253/jaeid-12083>.
- ALLEN, A. M.; HOF, A. R. Paying the price for the meat we eat. **Environmental Science & Policy**, v. 97, p. 90–94, jul. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.04.010>.
- ALTIERI, M. A. (1994) - **Bases agroecológicas para una producción agrícola sustentable**. *Agricultura Técnica* 54, 4: 371-386.
- ANTUNES, P.; SANTOS, R.; COSME, I.; OSANN, A.; CALERA, A.; DE KETELAERE, D., ... & NAGARAJAN, S. A holistic framework to assess the sustainability of irrigated agricultural systems. **Cogent Food & Agriculture**, v. 3, n 1, mai. 2017. <https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1323542>.
- ARULNATHAN, V.; HEIDARI, M. D.; DOYON, M.; LI, E.; PELLETIER, N. Farm-level decision support tools: A review of methodological choices and their consistency with principles of sustainability assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 256, p. 120410, mai. 2020 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120410>.
- AZADI, H.; SIAMIAN, N.; BURKART, S.; MOGHADDAM, S. M.; GOLI, I.; DOGOT, T.; ...VAN PASSEL, S. Climate Smart Agriculture: Mitigation and Adaptation Strategies at the Global Scale. **Climate-Induced Innovation**, p. 81–140, 2022. 81–140. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-01330-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-01330-0_4).
- BADZIAK, A.K.; PISHGAR, K, S.H.; ROZAKIS, S.; KSIEŚAK, J. Environmental and socio-economic performance of different tillage systems in maize grain production: application of life cycle assessment and multi-criteria decision making. **Journal Of Cleaner Production**, v. 278, p. 123792, jan. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123792>.

BINDER, C. R.; WIEK, A. The role of transdisciplinary processes in sustainability assessment of agricultural systems. In: From common principles to common practice. Proceedings and outputs of the first symposium of the international forum on assessing sustainability in agriculture (INFASA). International Institute of Sustainable Development and Swiss College of Agriculture, **Bern**. p. 33-48, 2007.

BINDER, C.R.; FEOLA, G.; STEINBERGER, J.K. Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 30, n. 2, p. 71-81, fev. 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2009.06.002>.

BOLFE, L. E. Visão 2030: O futuro da agricultura brasileira (Coord.). Brasília, DF. **Embrapa**, 2018.

BOLFE. et al. Potencialidades das certificações e da rastreabilidade para explicitar a sustentabilidade, qualidade e agregar maior valor à produção agrícola brasileira. **Embrapa**, 2021. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1137384>.

BRUINSMA, J. The resource outlook to 2050. In Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome, pp 1–33.

BRUNDLAND, G. H. World commission on environment and development. **Our common future oxford**. 1987.

CHOPIN, P.; MUBAYA, C. P.; DESCHEEMAER, K.; BORN, I.; BERGKVIST, G. Avenues for improving farming sustainability assessment with upgraded tools, sustainability framing and indicators. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 41, n. 2, 3, mar. 2021. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00674-3>.

CHUEKE, G. V.; AMATUCCI, M. Métodos de sistematização de literatura em estudos científicos: bibliometria, meta-análise e revisão sistemática. **Internext**, v. 17, n. 2, p. 284-292, 2022.

CLARIVATE WEB OF SCIENCE. [http:// https://www.webofscience.com](http://https://www.webofscience.com).

CONAB. **Portal de Informações Agropecuárias**: Produção Agrícola. 2022. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/produtos-360.html>

COSTA- ALBA, I.; CHIA, E.; ANDRIEU, N. The LCA4CSA framework: using life cycle assessment to strengthen environmental sustainability analysis of climate smart agriculture options at farm and crop system levels. **Agricultural Systems**, v. 171, p. 155-170, mai. 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2019.02.001>

COTEUR, I.; WUSTENBERGHS, H.; DEBRUYNE, L.; LAUWERS, L.; MARCHAND, F. How do current sustainability assessment tools support farmers' strategic decision making? **Ecological Indicators**, v. 114, p. 106298, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106298>.

DE OLDE, E. M.; BOKKERS, E. A. M.; DE BOER, I. J. M. The Choice of the Sustainability Assessment Tool Matters: Differences in Thematic Scope and Assessment Results. **Ecological Economics**, v. 136, p. 77–85, jun. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.02.015>.

DIAZ, R.T.; PINTO, O.D.; MEDINA, H.E.; MORENO, P.M.; CANALES, F.A.; CORRALES, P. A.; ECHEVERRÍA-GONZÁLEZ, A. Socioeconomic determinants that influence the agricultural practices of small farm families in northern Colombia. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v, 21, n. 7, p.440–451.dez. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jssas>.

ECK, N. V.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523–538, dez. 2009. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>.

EUROPEAN COMMISSION. **Communication from the commission**: the european green deal. Brussels. 2019. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=COM:2019:640>:

FAO. The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050. **Rome**. 2018. 224 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://www.fao.org/3/I8429EN/i8429en.pdf>.

FREITAS, L.; ROSAS, S.; MIGUEL, S. E. Sandra Edith. Estudos métricos da informação em periódicos do Portal SciELO: visibilidade e impacto na Scopus e Web of Science. **Palavra chave**, v. 6, n. 2, 2017.

GONNOVA, S. M.; RAZUVAEVA, E. Yu. Cooperation in the Field of Science and Technology Innovation between the CIS Countries. **Scientific And Technical Information Processing**, v. 48, n. 3, p. 194-199, jul. 2021. <http://dx.doi.org/10.3103/s0147688221030072>.

HALSCH, C. A.; SHAPIRO, A. M.; FORDYCE, J. A.; NICE, C. C.; THORNE, J. H.; WAETJEN, D. P.; FORISTER, M. L. Insects and recent climate change Insects and recent climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 118, n. 2, out. 2021.<https://doi.org/10.1073/pnas.2002543117>.

HAMMOND, J.; VAN, W.M.; TEUFEL, N.; MEKONNEN, K.; THORNE, P. Assessing smallholder sustainable intensification in the Ethiopian highlands. **Agricultural Systems**, v. 194, p. 103266, dez. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103266>.

HUNTER, M. C.; SMITH, R. G.; SCHIPANSKI, M. E.; ATWOOD, L. W.; MORTENSEN, D. A. Mortensen, Agriculture in 2050: Recalibrating Targets for Sustainable Intensification. **Bioscience**. abr 2017;67(4):386-391. doi:10.1093/biosci/bix010.

JU, H.; LIU, Q.; LI, Y.; LONG, X.; LIU, Z.; LIN, E. Multi-Stakeholder Efforts to Adapt to Climate Change in China's Agricultural Sector. **Sustainability**, v. 12, n. 19, p. 8076, set. 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/su12198076>.

KOVALENKO, N.; BEY, R. Southern department of vashnil (1969 – 1990) as a model of the organization of agricultural science in the ukrainian and moldova ssr. **East European Historical Herald**, n. 20, p. 162–170, 2021. <https://doi.org/10.24919/2519-058X.20.240032>.

LIU, F.; LU, Y.; WANG, P. Why Knowledge Sharing in Scientific Research Teams Is Difficult to Sustain: an interpretation from the interactive perspective of knowledge hiding behavior. **Frontiers In Psychology**, v. 11, p. 1-13, dez. 2020. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2020.537833>.

MANDARINO, R. A.; BARBOSA, F. A.; LOPES, L. B.; TELLES, V.; FLORENCE, E. DE A. S.; BICALHO, F. L. Evaluation of good agricultural practices and sustainability indicators in livestock systems under tropical conditions. **Agricultural Systems**, v. 174, p. 32-38, ago. 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agry.2019.04.006>.

MARIANO, A.M.; ROCHA, M.S. Revisão da Literatura: Apresentação de uma Abordagem Integradora. In: **AEDEM International Conference**. Reggio di Calabria, Italy, 2017.

MASERA, Ó.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. GIRA A.C. - **Mundi-Prensa**, México, p. 109. 2000.

MORENO, M.C.; DRIES, L. Assessing the sustainability of agricultural production-a cross-sectoral comparison of the blackberry, tomato and tree tomato sectors in Ecuador. **International Journal of Agricultural Sustainability**, p. 1-24, junh.2022. <https://doi.org/10.1080/14735903.2022.2082764>

MUTYASIRA, V.; HOAG, D.; PENDELL, D.; MANNING, D. T.; BERHE, M. Assessing the relative sustainability of smallholder farming systems in Ethiopian highlands. **Agricultural Systems**, v. 167, p. 83-91, nov 2018. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2018.08.006>.

NOYONS, E. C. M.; MOED, H. F.; LUWEL, M. Combining mapping and citation analysis for evaluative bibliometric purposes: A bibliometric study. **Journal of the American Society for Information Science**, v. 50, n. 2, p. 115–131, fev. 1999. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(1999\)50:2<115::AID-ASI3>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(1999)50:2<115::AID-ASI3>3.0.CO;2-J)

OECD. Towards Sustainable Development: Environmental Indicators, **Paris**. 2000. pág. 125-136.

PAN, L.; XU, Z.; SKARE, M. Sustainable business model innovation literature: a bibliometrics analysis. **Review of Managerial Science**, abr. 2022. <https://doi.org/10.1007/s11846-022-00548-2>.

PASKO, O.; CHEN, F.; ORIEKHOVA, A.; BRYCHKO, A.; SHALYHINA, I. Mapping the Literature on Sustainability Reporting: a bibliometric analysis grounded in scopus and web of science core collection. **European Journal Of Sustainable Development**, v. 10, n. 1, p. 303, fev. 2021. <http://dx.doi.org/10.14207/ejsd.2021.v10n1p303>.

PASTEUR, J.H.; LOISEAU, E.; SINFORT, C.; HÉLIAS, A. Energetic assessment of the agricultural production system. A review. **Agronomy For Sustainable Development**, v. 40, n. 4, p. 1-23, jul. 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-020-00627-2>.

RAVAZZOLI, E. et al. Can Social Innovation Make a Change in European and Mediterranean Marginalized Areas? Social Innovation Impact Assessment in Agriculture, Fisheries, Forestry, and Rural Development. **Sustainability**, v. 13, n. 4, p. 1823, fev. 2021 <https://doi.org/10.3390/su13041823>.

RAY, Deepak K.; WEST, Paul C.; CLARK, Michael; *et al.* Climate change has likely already affected global food production. **Plos one**, v. 14, n. 5, p. e0217148, mai. 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217148>.

RECANATESI, F.; CLEMENTE, M.; GRIGORIADIS, E.; RANALLI, F.; ZITTI, M.; SALVATI, L. A Fifty-Year Sustainability Assessment of Italian Agro-Forest Districts. **Sustainability**, v. 8, n. 1, p. 32, dez. 2015. <https://doi.org/10.3390/su8010032>

REPAR, N.; JAN, P.; DUX, D.; NEMECEK, T.; DOLUSCHITZ, R. Implementing farm-level environmental sustainability in environmental performance indicators: A combined global-local approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 692–704, jan. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.022>

ROCCHI, L.; BOGGIA, A.; PAOLOTTI, L. Sustainable Agricultural Systems: A Bibliometrics Analysis of Ecological Modernization Approach **Sustainability**, v. 12, n. 22, p. 9635, nov. 2020. <https://doi.org/10.3390/su12229635>.

RODRIGUES, C.; GODOY V.; A. F. Estudos bibliométricos sobre a produção científica da temática Tecnologias de Informação e Comunicação em bibliotecas. **InCID: Revista de Ciência da Informação e Documentação**, v. 7, n. 1, p. 167-180, 2016. <https://doi.org/10.11606/issn.2178-2075.v7i1p167-180>.

RODRIGUES, G. S.; PIMENTA, S. C.; CASARINI, C. R. A. Ferramentas de avaliação de impactos ambientais e indicadores de sustentabilidade na Embrapa. **Embrapa**. 2016.

RYAN, M.; HENNESSY, T.; BUCKLEY, C.; DILLON, E.; DONNELLAN, T.; HANRAHAN, K.; MORAN, B. Developing farm-level sustainability indicators for Ireland using the Teagasc National Farm Survey. **Teagasc.ie**, v 55, p. 112-125. 2016. <https://doi.org/2009-9029>

SCHERER, L.A.; VERBURG, P.H.; SCHULP, C.J. Opportunities for sustainable intensification in European agriculture. **Global Environmental Change**, v. 48, p. 43-55, jan. 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.009>.

SEPPELT, R.; ARNDT, C.; BECKMANN, M.; MARTIN, E. A.; HERTEL, T. W. Deciphering the Biodiversity–Production Mutualism in the Global Food Security Debate. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 35, n. 11, p. 1011–1020, nov. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.06.012>.

SINGH, V. K.; SINGH, P.; KARMAKAR, M.; LETA, J.; MAYR, P. The journal coverage of Web of Science, Scopus and Dimensions: A comparative analysis. **Scientometrics**, v. 126, n. 6, p. 5113–5142, mar. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11192-021-03948-5>.

SOUZA, A.; WATANABE, M. D. B.; CAVALETT, O.; CUNHA, M.; UGAYA, C. M. L.; BONOMI, A. A novel social life cycle assessment method for determining workers' human development: a case study of the sugarcane biorefineries in Brazil. **Int J Life Cycle Assess.** v. 26, n. 10, p. 2072–2084, out. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01936-8>

TELLES, T.S.; RIGHETTO, A.J.; COSTA, G.V.; VOLSI, B.; OLIVEIRA, J. F. Conservation agriculture practices adopted in southern Brazil. **International Journal Of Agricultural Sustainability**, v. 17, n. 5, p. 338-346, ago. 2019. <http://dx.doi.org/10.1080/14735903.2019.1655863>.

UNITED NATIONS ORGANIZATION (ONU). **17 goals to transform the world**. 2015. <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030>.



UNITED NATIONS ORGANIZATION (ONU). **Revision of the 2019 World Population Prospects**. 2019. <https://population.un.org/wpp/>.

USDA. **Economic Research Service Agricultural total factor productivity growth indices for individual countries/territories, 1961-2016** <http://www.fas.usda.gov/>

VALENTI, W.C.; KIMPARA, J.M.; PRETO, B.D.L.; MORAES-VALENTI, P. Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. **Ecological indicators**, v. 88, p. 402-413, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.068>.

VEISI, H.; DEIHIMFARD, R.; SHAHMOHAMMADI, A.; HYDARZADEH, Y. Application of the analytic hierarchy process (AHP) in a multi-criteria selection of agricultural irrigation systems. **Agricultural Water Management**, v. 267, p. 107619, jun. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107619>.

VIANA, C.M.; FREIRE, D.; ABRANTES, P.; ROCHA, J.; PEREIRA, P. Agricultural land systems importance for supporting food security and sustainable development goals: a systematic review. **Science Of The Total Environment**, v. 806, p. 150718, fev. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150718>.

YANG, L. et al. Reconciling productivity, profitability and sustainability of small-holder sugarcane farms: A combined life cycle and data envelopment analysis. **Agricultural Systems**, v. 199, p. 103392, mai. 2022. 103392. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103392>.

YU, S.; MU, Y. Sustainable Agricultural Development Assessment: A Comprehensive Review and Bibliometric Analysis. **Sustainability**, v. 14, n. 19, p. 11824, set. 2022. <https://doi.org/10.3390/su141911824>.

ZHANG, Y.; WANG, Y.; WEI, J. Evaluation of Sustainable Development of an Agricultural Economy Based on the DPSIR Model. **Journal of Sensors**, v. 2022, p. 1–14, 30 abr. 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2591275>.

## CAPÍTULO 2

## 2.1 CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA

### 2.2.1 Resumo

O café conilon e a pimenta-do-reino são importantes culturas que geram emprego e renda de milhares de agricultores no Brasil, notadamente na região norte do Estado do Espírito Santo, demandando-se, portanto, da avaliação das condições ambientais e socioeconômicas. Objetivou-se neste estudo propor um método de avaliação de sustentabilidade a partir da definição de indicadores que descrevam os aspectos econômicos, ambientais e sociais na produção de café conilon e pimenta-do-reino da região norte do estado do Espírito Santo. A pesquisa foi realizada no município de São Mateus/ES em 50 propriedades, sendo os dados coletados mediante entrevista *in loco* com produtores. Inicialmente submeteu-se os dados a análise exploratória por estatística descritiva, seguida pela análise de correlação de Pearson, validada pelo teste de Bartlett a 5% de significância e teste de critério Kaiser. Com isso, aplicou-se a análise de componentes principais reduzindo-se as variáveis remanescentes em indicadores. Para comparar o perfil de sustentabilidade foi construído intervalos de confiança percentil usando o método *bootstrap* com 95% de confiança, por fim realizou-se a análise de *clusters* baseada no método de classificação não hierárquico com o algoritmo *k-means* para agrupar as propriedades conforme a similaridade das respostas dos entrevistados. Todas as análises foram realizadas no R Studio. A metodologia permitiu a apuração de quatro indicadores que atendem às dimensões da sustentabilidade, sendo o desempenho econômico altamente correlacionado com princípios sociais, onde as fragilidades foram mais evidentes. Fatores estruturais teve influência nos aspectos socioeconômicos da região. Tem-se a assistência técnica uma das principais ações para fomentar a produtividade das culturas.

**Palavras-chave:** *Coffea canephora*, *Piper Nigrum* L, *bootstrap*, *k-means*, agricultura sustentável, avaliação.

### 2.2.2 Abstract

Conilon coffee and black pepper are important crops that generate employment and income for thousands of farmers in Brazil, notably in the northern region of the State of Espírito Santo, demanding, therefore, the assessment of environmental and

socioeconomic conditions. The objective of this study was to propose a method for assessing sustainability based on the definition of indicators that describe the economic, environmental and social aspects of the production of conilon coffee and black pepper in the northern region of the state of Espírito Santo. The survey was carried out in the municipality of São Mateus/ES in 50 properties, with data collected through on-site interviews with producers. Initially, data were submitted to exploratory analysis using descriptive statistics, followed by Pearson's correlation analysis, validated by Bartlett's test at 5% significance level and Kaiser's criterion test. With that, principal component analysis was applied, reducing the remaining variables into indicators. To compare the sustainability profile, percentile confidence intervals were constructed using the bootstrap method with 95% confidence, finally, cluster analysis was performed based on the non-hierarchical classification method with the k-means algorithm to group properties according to similarity of respondents' responses. All analyzes were performed in R Studio. The methodology allowed the calculation of four indicators that meet the dimensions of sustainability, with economic performance highly correlated with social principles, where weaknesses were more evident. Structural factors influenced the socioeconomic aspects of the region. Technical assistance is one of the main actions to promote crop productivity.

**Key words:** *Coffea canephora*, *Piper Nigrum L*, bootstrap, k-means, sustainable agriculture, evaluation.

### 2.2.3 Introdução

Adaptado ao clima quente, o café conilon (*Coffea canephora*) constitui-se numa das culturas de maior expressão agrícola nacional, contribuindo decisivamente para a receita cambial brasileira, máxime o estado do Espírito Santo, principal produtor (IBGE, 2022). Com uma área de 283 mil hectares destinados ao cultivo da commodity (INCAPER, 2022), estima-se que somente em 2022, o estado tenha beneficiado 11,6 milhões de sacas, cerca de 70% da produção nacional (CONAB, 2022). De modo semelhante, se destaca a pimenta-do-reino (*Piper nigrum L.*). Com uma produção de 72.084 mil toneladas e área de 17.921 ha, a cultura em terras capixabas corresponde a 55% da produção nacional (IBGE, 2022).

Classificado como agricultura familiar (BRASIL, 2006) o desenvolvimento agrícola do estado tem sido muito importante na inclusão das famílias no setor agropecuário, contribuindo significativamente no desenvolvimento socioeconômico

regional. Com produção concentrada na região norte capixaba, a cadeia produtiva do café conilon e da pimenta-do-reino garante rentabilidade e geração de mais de 300 mil empregos (IBGE, 2017; INCAPER, 2020).

Contudo, mesmo neste cenário promissor, estudos anteriores apontam que a instabilidade climática pode tornar 55% das áreas de café conilon inaptas ao cultivo (MAGRACH et al., 2015; VENANCIO et al., 2020) devido a sua sensibilidade à variação de temperatura e precipitação (PHAM et al., 2019; DA MATTA et al., 2019). No caso da pimenta-do-reino, esses fatores aliados à estreita base genética das cultivares, podem levar a perdas principalmente devidas ao favorecimento de doenças causadas por fungos e vírus limitantes para o cultivo e com potencial capacidade de adaptação às variações ambientais (MACEDO et al., 2017; KUMAR et al., 2021).

Visto que as mudanças nos padrões ambientais podem prejudicar seriamente a produção das culturas, a gestão responsável dos recursos naturais é essencial para a resiliência agrícola (MAGALHÃES et al., 2021). Entretanto, visando alcançar maior produtividade é comum que sistemas simplificados adotem práticas intensivas, sendo a irrigação, a adubação química e o controle químico, as mais usadas (ROMEIRO, 1998; FANELLI, 2020). Neste setor, o uso indiscriminado dessas práticas é um dos responsáveis pelo desequilíbrio ambiental e perda de produtividade (ZAMPIERI et al., 2021).

Em busca de soluções para contornar tal situação, vários estudos se esforçam para o desenvolvimento de tecnologias para o manejo mais sustentável das culturas, como, por exemplo, a adequação dos sistemas de irrigação (FÁVERO et al., 2022), otimização do uso de defensivos agrícolas (MACIEL et al., 2017; BELAN et al., 2020; FURRIEL et al., 2022), otimização nutricional das plantas e do solo (SCHMIDT et al., 2022), estudo do comportamento espaço-temporal de doenças da lavoura (BRUMAT et al., 2019) e o controle biológico para o manejo de pragas (ARITA et al., 2020; SAAD et al., 2022).

Apesar disso, Altieri (1994) defende que o uso das tecnologias por si só, não torna a produção sustentável, pois isso deve estar coerente com os princípios econômicos, ambientais e sociais. Portanto, equilibrar o aprimoramento da produção, a maximização dos lucros, a preservação ambiental e a qualidade de vida, é essencial para a sustentabilidade da propriedade na sua totalidade (ZANDONADI et al., 2022).

Com isso, a avaliação das propriedades permite apontar se elas estão se comportando segundo os princípios sustentáveis, sendo os indicadores, instrumentos mais adequados para expor as ações indispensáveis, com a finalidade de reparar as

desconformidades descobertas e alcançar um grau de sustentabilidade maior na cadeia produtiva (REZENDE et al., 2017).

Segundo o IBGE (2015), no Brasil a construção de indicadores é pautada pelo desafio de selecionar variáveis capazes de caracterizar e subsidiar o processo de desenvolvimento sustentável ao nível local, além da necessidade de expressar as diversidades existentes. A definição de métodos de avaliação permite a comparação de resultados de diferentes localidades, disponibilizando informações que contribuem para criação e implementação de políticas públicas direcionadas ao desenvolvimento local. Em especial, possibilita o estudo das desigualdades regionais, tendo como referência a realidade da localidade em análise (CRISPIM et al., 2019).

Os métodos multivariados de análise de dados são amplamente utilizados quando se deseja reduzir o número de variáveis e obter indicadores acurados com perda mínima de informações (RECANATESI et al., 2015). Nos últimos anos, técnicas estatísticas multivariadas, como análise fatorial e análise de componentes principais, são usadas para avaliar a sustentabilidade agrícola (FANELLI, 2020). Além disso, para complementar a análise o método de agrupamento hierárquico é muito utilizado para agrupar as propriedades com níveis de semelhança e fornecer uma interpretação visual das regiões com maiores índices de sustentabilidade (FANELLI, 2020).

Na literatura a avaliação da sustentabilidade usando métodos multivariados já foi realizada em sistemas simplificados com culturas de importância econômica, tais como, na cultura do arroz e do milho (DIAZ et al., 2021), na cultura do cacau (GARCÍA, et al., 2020) e na cultura do feijão (KASSIE et al., 2013). Entretanto, não há poucos ou quase nenhum estudo do uso dessa metodologia no contexto do café conilon e pimenta-do-reino.

Estudos evidenciam alguns fatores que podem afetar a sustentabilidade da cafeicultura e da pipericultura, tais como, a baixa escolaridade dos produtores, a falta de assistência técnica, má qualidade do produto, flutuações na produtividade, e a má gestão ambiental e fitossanitária (MORAES et al., 2018; HERZOG, et al., 2020). No entanto, as relações entre esses fatores e a extensão em que cada um interfere no desempenho sustentável não é clara.

Pham et al. (2021), identificaram quatro quesitos que podem influenciar a sustentabilidade agrícola: atributos socioeconômicos da propriedade, características estruturais, limitações de recursos naturais e capital social. Sem considerar esses quesitos na avaliação é difícil entender o comportamento dos produtores na admissão de práticas sustentáveis (ZEWELD et al., 2017).

Com isso, neste trabalho, questiona-se: a) definir e avaliar indicadores por meio de métodos analíticos multivariados permite comparar as propriedades do café conilon e pimenta-do-reino e identificar pontos críticos da sustentabilidade?; b) propriedades com maiores atributos de sustentabilidade alcançam maior rendimento?; c) o desempenho econômico está correlacionado com princípios sociais?; d) o tamanho da área influencia no desempenho sustentável das propriedades?; e) propriedades com características semelhantes compartilham o mesmo perfil de sustentabilidade?

Portanto, o objetivo do segundo capítulo foi propor um método de avaliação de sustentabilidade a partir da definição de indicadores que descrevam os aspectos econômicos, ambientais e sociais na produção de café conilon e pimenta-do-reino da região norte do estado do Espírito Santo.

#### **2.2.4 Metodologia**

A pesquisa foi realizada no município de São Mateus Espírito Santo, Brasil, latitude 18°43'15" S, longitude 39°51'46" W. O clima do município é característico da região norte, classificado como quente/úmido do tipo Aw, com estação seca no outono/inverno e chuvosa na primavera/verão, conforme a classificação de Köppen. Com uma área territorial de 2.346,049 km<sup>2</sup>, São Mateus é composto por cinco distritos (São Mateus, Itauninhas, Nova Verona, Barra Nova e Nestor Gomes), sendo a cafeicultura e a pipericultura presentes, respectivamente, em 59% e 73% das propriedades (IBGE, 2017).

Apoiado na literatura, foi elaborado um roteiro de avaliação contendo 20 atributos visando abranger aspectos relevantes nos três princípios da sustentabilidade (VAN CAUWENBERGH et al., 2010; BINDER et al., 2013; RYAN et al., 2016; GÓMEZ-LIMÓN et al., 2020). Cada atributo foi avaliado por critérios (variáveis), onde seus descritores foram selecionados para cobrir informações necessárias para caracterizar o estado das propriedades (Apêndice A).

A elaboração do roteiro foi baseada em três premissas: coerência com as metas do desenvolvimento sustentável (BRUNDLAND, 1987), relevância regional, solidez analítica (HERZOG et al., 2020) e disponibilidade de informação (CHOPIN, 2021).

Os dados foram levantados entre maio e agosto de 2022, por meio de entrevistas *in loco*, com 50 produtores (que tinham lavouras de café conilon e pimenta-do-reino em suas propriedades) distribuídos entre os cinco distritos de São Mateus. O

plano amostral foi delineado segundo o método não probabilístico, empregando-se a amostragem por conveniência.

Embora seja uma técnica de amostragem não probabilística, a natureza das informações e homogeneidade do grupo sugerem que a coleta dos dados foi confiável e sem viés do pesquisador e dos entrevistados. Além disso, pelo fato de os produtores rurais da região norte do Espírito Santo apresentarem características semelhantes, considera-se que a amostra levantada foi representativa conforme MATTAR (1996) e JAGER et al. (2017).

Para a coleta das informações utilizou-se um questionário composto por 43 perguntas (Apêndice B) concentrando todos os critérios estabelecidos no roteiro. Os respondentes tiveram acesso ao caráter básico da pesquisa bem como ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e ao Termo de Confidencialidade. Previamente o projeto foi registrado na Plataforma Brasil e passou por aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da instituição.

Após o levantamento, os dados foram tabulados em Excel LTSC Standard 2021. Primeiramente os dados referentes a área total, área cultivada, área destinada ao café conilon, área destinada à pimenta-do-reino e rendimento médio das culturas considerando o ano safra (2021/2022), foram submetidos à análise exploratória por meio da estatística descritiva, observando-se a média aritmética, a amplitude, o valor mínimo, o valor máximo e o intervalo t-student a 95% de confiança.

Para analisar o desempenho dos atributos avaliados, em caráter descritivo, os dados foram normalizados segundo o critério min-max, conforme Gómez-Limón e Sanchez-Fernandez (2010), onde a nota foi expressa em uma escala entre 0 e 1, com limiar de 0,5, ou seja, pontuações abaixo do limiar, indicam a existência de pontos deficitários de sustentabilidade. Para representação dos resultados, foi adotado o recurso gráfico do tipo radar para cada dimensão da sustentabilidade.

Análise de correlação policórica foi aplicada para avaliar as correlações entres todas as 63 variáveis da base de dados original, fazendo-se um filtro, onde foram eliminadas aquelas que apresentaram baixa correlação. Em seguida, aplicou-se o teste Bartlett a 5% de significância, para avaliar a adequação da matriz de correlação das variáveis remanescentes, e posterior análise multivariada. Além disso, aplicou-se o teste de *Kaiser-Meyer-Olkin* considerando o intervalo de *Measures of Sampling Adequacy* (MAS) entre 0,8 e 0,6 (Kaiser, 1970).

Considerando a diversificação da base, intrinsecamente complexa, composta por variáveis contínuas, discretas, dicotômicas e escalas ordinais, além de algumas



nominais suplementares, adotou-se a análise de componentes principais (PCA) (JOLLIFFE, 2002) visando descrever os dados utilizando variáveis latentes ou teóricas (FERREIRA, 2008). Assim, foi possível identificar similaridade ou dissimilaridade entre os indivíduos por meio das principais (PC's) e traçar os indicadores do perfil dos produtores rurais, situados na região norte do estado do Espírito Santo segundo o conceito de sustentabilidade.

Devido a discrepância acentuada entre as variáveis, em razão das diferentes escalas e unidades de medida, salienta-se que PC's foram obtidas a partir da matriz de correlação e não a partir da matriz de covariância ( $C_{p \times p}$ ), a qual apresentaria resultados tendenciosos por causa da alta variância concentrada em poucas variáveis (MINGOTI, 2013). Porém, na prática, uma abordagem mais simples implica em padronizar cada variável original em função de sua média e desvio-padrão e, por conseguinte, aplicar a técnica de PC's diretamente sobre a matriz de variância-covariância. Teoricamente, essa abordagem é equivalente a calcular as PC's diretamente da matriz de correlação  $R_{p \times p}$  das variáveis originais  $X_i$ , sendo  $i = 1, 2, 3, \dots, p$  (note que  $p$  indica o número de variáveis originais utilizada na PCA). Os valores da média e da variância de cada variável estudada são representados por  $\mu_i$  e  $\sigma_i^2$ , respectivamente.

Então, a padronização é obtida por  $Z_i = \frac{X_i - \mu_i}{\sigma_i}$ , com  $i = 1, 2, 3, \dots, p$ , onde  $E[X_i] = \mu_i$  e  $Var[X_i] = \sigma_i^2$ . Dessa forma, certamente, a matriz de covariância das variáveis  $Z_i$  equivale à matriz de correlação  $R_{p \times p}$  e, portanto, ao aplicar a técnica de PC's com base na matriz  $R_{p \times p}$  obteve-se por resultado PC's como combinações lineares das variáveis originais  $X_i$  padronizadas.

Conforme Mingoti (2013), os coeficientes das PC's obtidas por decomposição espectral da matriz de correlação não são numericamente iguais aos coeficientes obtidos pela matriz de covariância e, em geral, quando os primeiros são utilizados, são necessários mais PC's para explicar a mesma quantidade de variação total obtida quando se utilizando a matriz de covariância.

A escolha das componentes foi realizada mediante a confirmação da raiz latente de Kaiser, considerando apenas PC's com autovalores maiores que um, com no mínimo de 70% de variância explicada (FIGUEIREDO E SILVA, 2010). Ao passo que a rotação foi executada por meio do método *Varimax* ortogonal, cuja finalidade é maximizar a soma das variâncias, para identificar as variáveis correlacionadas com maior peso (ou importância) na caracterização das PC's.

Após a definição das componentes principais calcularam-se os escores de sustentabilidade para comparar o perfil sustentável das propriedades em relação aos distritos. Para isso, construíram-se intervalos de confiança percentil usando o método *bootstrap* (ICPB), que não exige a pressuposição distribucional dos dados (EFRON E TIBSHIRANI, 1993). Para verificar a normalidade dos escores foi empregado o teste de *Shapiro-Wilk* a 5% de significância.

Também foi realizada análise de *clusters* baseada no método de classificação não hierárquico (NHCA) com a finalidade de agrupar as 50 propriedades em *clusters* “homogêneos” considerando a proximidade das respostas dos produtores. Os grupos foram construídos com apoio do algoritmo otimizado de agrupamento *k-means*, que consiste na transferência de um indivíduo para o *cluster*, cujo centroide se encontra a menor distância.

Cada centroide de *cluster* foi obtido calculando-se a média aritmética entre os indivíduos em cada grupo. Além disso, para a utilização do algoritmo *k-means*, foi calculado a distância euclidiana entre os indivíduos, que é a métrica usada para definir os agrupamentos (FERREIRA, 2008). Iniciou-se a análise particionando previamente os dados em dois grupos, conforme demanda a construção teórica do método (DENIS, 2021) então os agrupamentos otimizados foram criados iterativamente pelo algoritmo *k-means* até a estabilização dos centroides. Para a visualização dos agrupamentos foi adotado o recurso gráfico dendrograma.

Toda análise estatística deste estudo foi realizada no Programa R (R CORE TEAM, 2018). Em especial, a análise de componentes principais foi executada por meio dos seguintes pacotes estatísticos do ambiente de programação do R: FactoMineR (LE et al., 2008), factoextra (KASSAMBARA E MUNDT, 2020), NbClust (CHARRAD et al., 2014), parameters (LÜDECKE et al., 2020) rcompanion (MANGIAFICO, 2023) e psych (REVELLE, 2022). O número ideal de partição inicial para *k-means* foi obtido pelos pacotes computacionais factoextra e NbClust.

## **2.2.5 Resultados e discussão**

Nesta seção será apresentado os resultados obtidos a partir dos dados coletados.

### **2.2.5.1 Características estruturais das propriedades e rendimento das culturas.**

As dimensões das propriedades amostradas apresentaram extremos de 4,5 e 100 hectares e média de 22,30 ha, com intervalo de confiança entre 16,03 e 28,57 hectares (Tabela 1) e, portanto, classificadas como pequenas propriedades conforme o critério sugerido por Landau et al. (2012). Esses resultados assemelham-se aos observados por Souza et al. (2020), cujo tamanho médio das propriedades ao norte do estado do Espírito Santo foi em torno de 20 hectares.

A reduzida área das unidades reforça a necessidade de intensificar a produção, e, dessa maneira, a relevância de implantar culturas que se caracterizam pela alta produtividade e importância econômica. Neste caso, o café foi a principal cultura em 86% das propriedades e responsável por 66% da superfície explorada, seguido da pimenta-do-reino, correspondendo a 26,72% da área. Estes resultados evidenciam a utilização de espécies perenes em regime de complementação de renda, neste contexto, a pimenta-do-reino é a principal alternativa para a maioria dos produtores de café conilon (PARTELLI et al., 2018; SOUZA et al., 2020).

**Tabela 1.** Análise descritiva das variáveis área total (AT), área cultivada (AC), área destinada a *Coffea canephora* (AD. C.c), total de sacas de café/ha (Sacas/ha), área destinada a *Piper nigrum* L. (AD. P.n L) e total de (kg/ha) pimenta-do-reino.

VARIÁVEIS	N	AM	MI	MA	ME	IC
AT	50	95,50	4,50	100,00	22,30	[16,03; 28,57]
AC	50	86,50	3,50	90,00	17,88	[12,64; 23,13]
AD. C.c	50	78,00	2,00	80,00	11,73	[7,49; 15,97]
Sacas/ha	50	102,86	40,00	142,86	83,70	[75,57; 91,83]
AD. P.n L.	50	17,50	0,50	18,00	4,75	[3,58; 5,92]
Kg/ha	50	4666	1333	6000	3502,08	[3197,43; 3806,74]

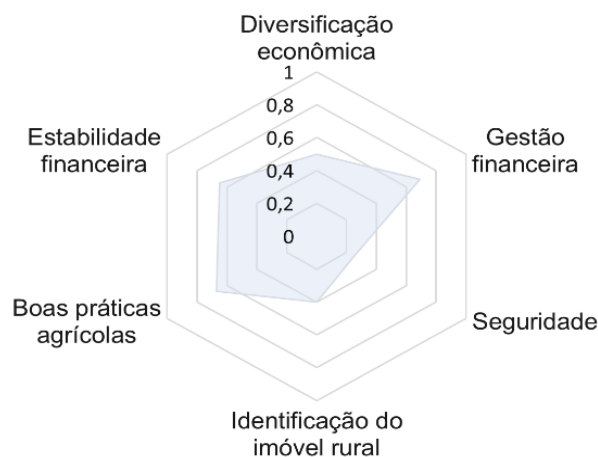
Tamanho da amostra (N), amplitude (AM), mínimo (MÍ), máximo (MÁ), média (MÉ) e intervalo t-student com 95% de confiança (IC).

Quanto à questão produtiva, verifica-se ainda na Tabela 1 que o rendimento médio do café conilon foi de 84 sc/ha, com máxima de 143 e mínima de 40 sc/ha, com intervalo de confiança entre 75,57 e 91,83 sc/ha, esses resultados se assemelham com o obtido por Ferrão et al. (2021) ao encontrar rendimento médio de 82,36 sc/ha ao analisar diversas cultivares de café conilon amplamente utilizadas no estado do Espírito Santo. Já o rendimento médio da pimenta-do-reino foi de 3502 kg/ha com intervalo de confiança entre 3197,43 e 3806,74 kg/ha sendo que a maior produtividade encontrada foi de 6.000 kg/ha, em determinada propriedade, e a menor 1333 kg/ha, similar aos resultados de Vidal (2020) ao encontrar uma média de 3.720 kg/ha para a região norte do estado.

A amplitude do rendimento das culturas destaca a grande dissimilaridade da produtividade entre as propriedades. Fassio (2015), Ferrão (2017) e Partelli (2022), discorrem que a alta produtividade do café conilon deve-se, em parte, ao investimento em tecnologias para a cultura, bem como a combinação adequada de variedades clonais às condições regionais. Quanto à pimenta-do-reino, apesar da estreita base genética das cultivares, Silva et al. (2022) destacam que grande parte do sucesso do cultivo deve-se ao manejo adequado. Essas contatações evidenciam o motivo de que alguns produtores são menos produtivos, enquanto outros são mais produtivos.

### 2.2.5.2 Desempenho dos atributos da dimensão econômica.

Na dimensão econômica, foram observadas pontuações baixas para o atributo seguridade (0,25) e identificação do imóvel (0,40) (Figura 1). Conforme Guimarães et al. (2019), a baixa adesão de seguros, em especial o agrícola, por pequenos produtores, pode estar associado a dificuldade de contratação do serviço devido à regularização das terras. Esse discurso corrobora o observado neste trabalho, pois 54% dos produtores não possuíam nenhum tipo de seguro e 66% não tinham georreferenciamento, este último, importante para contratar serviços que respaldam perdas por eventos climáticos (SHEN et al., 2010).



**Figura 1.** Desempenho dos atributos econômicos.

Apesar dos atributos relacionados às Boas Práticas Agrícolas (BPA's) alcançarem nota 0,67, a adesão dos critérios relativos à manutenção da sanidade das lavouras foi baixa. Este resultado evidencia que os produtores tendem a adotar BPA's das quais os mesmos têm maior consciência em relação a possíveis prejuízos, resultados observados por Rosa et al. (2017) ao avaliar a adesão de BPA's por pequenos produtores. Nesse sentido, 62% dos entrevistados relataram armazenar a

produção no campo ante beneficiamento, 80% das lavouras eram acessíveis aos animais e 84% não efetuavam desinfecção dos equipamentos agrícolas.

A produção ensacada exposta a intempéries, propicia a proliferação fúngica e, conseqüentemente, ocorrência de fermentação que altera a composição química dos grãos (PEIXOTO et al., 2017). Matthews et al. (2003) evidenciaram ser comum o hábito de reutilizar sacarias de safras anteriores para armazenar o café, entretanto a maioria com presença de leveduras devido ao armazenamento inadequado e devido à demora em levar a produção para o beneficiamento.

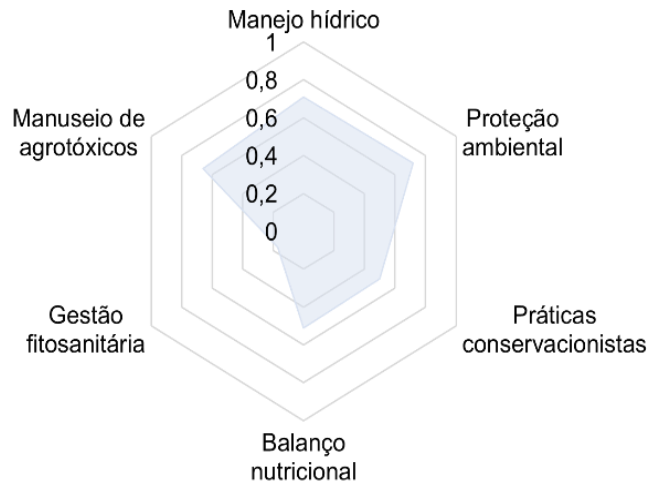
Animais na lavoura podem levar microrganismos nocivos à saúde pública o que leva ao aumento de notificações de *Rapid Alert System for Food and Feed* que ameaçam a comercialização do produto no mercado internacional. Machado et al. (2021), ao avaliar os parâmetros de qualidade e higiene da pimenta-do-reino na região norte do ES, detectaram elevados valores de leveduras, além da exposição do produto à *Salmonella sp.* em virtude da presença de coliformes fecais nas amostras. Além disso, Vinha et al. (2022) ao avaliarem a qualidade higiênico-sanitária da pimenta, entre 2017 e 2018 em dez propriedades rurais em São Mateus, constataram que 87,5% apresentaram contaminações pela bactéria.

Quanto à desinfecção dos equipamentos, Oliveira e Rosa et al. (2018) retrata que a ausência da prática é uma das principais causas da disseminação de nematoide na lavoura. Tal como Costa (2014) ao apontar que os equipamentos são potenciais vias de contaminação das plantas por doenças fúngicas. Enfatiza-se neste trabalho a importância desta BPA, pois ensaios anteriores já demonstraram que nematoides, em especial os do gênero *Meloidogyne*, atuam sinergisticamente com fungos do gênero *Fusarium*, podendo tornar o sistema radicular das plantas ineficiente na absorção de água e minerais e causar lesões no tecido vegetal que migram para murcha, necrose e morte celular (TREMACOLDI, 2010; VIEIRA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2018).

### **2.2.5.3 Desempenho dos atributos da dimensão ambiental.**

O atributo que apresentou pontuação mais baixa na dimensão ambiental foi a gestão fitossanitária (0,17) (Figura 2), onde 48% dos produtores nunca usaram controle biológico, 72% raramente ou nunca monitoravam nematoides no solo (72%) e nem em mudas de viveiros (70%). Esses resultados se assemelham aos de Herzog et al. (2020), os quais constataram baixa adesão de métodos biológicos e falta de monitoramento regular de nematoides em lavouras capixabas e do extremo sul baiano. O controle biológico é uma alternativa eficiente e sustentável, entretanto é

fundamental a identificação de pragas e doenças para seu efetivo funcionamento (ZAMPIERI et al., 2020).



**Figura 2.** Desempenho dos atributos ambientais.

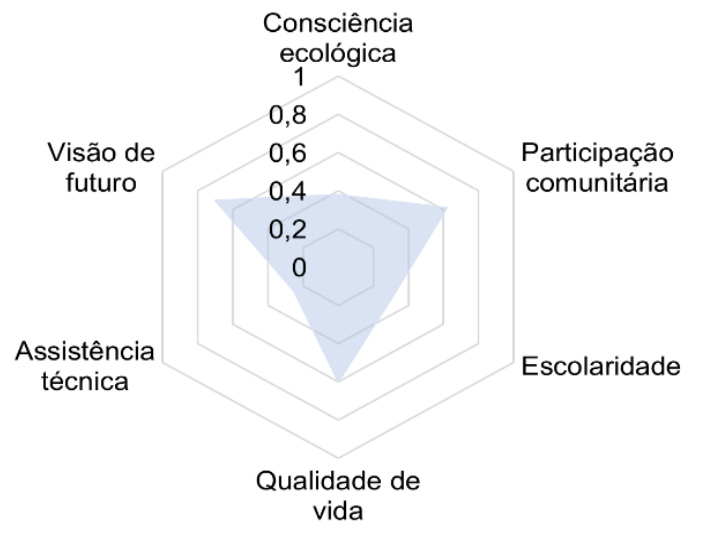
Outro atributo ambiental que apresentou quesitos a serem melhorados foi a adoção de práticas conservacionistas, que apesar de alcançar 0,50, teve entre os parâmetros que mais contribuíram para a nota foram calagem e adubação química, praticadas por 100% dos produtores. Entretanto, resultados observados no balanço nutricional (0,51) indicaram incoerência nos critérios de adubação, já que 18% dos produtores nunca fizeram análise de solo e 24% fizeram superior a 12 meses, bem como 74% nunca fizeram análise foliar das culturas. A utilização de insumos químicos, sem o conhecimento da disponibilidade e a necessidade de nutrientes do solo e das plantas, pode estar causando redução das colheitas nestas propriedades.

Além disso, a ausência de análise convencional do solo e das folhas pode gerar prejuízos econômicos, uma vez que, as doses de corretivos e fertilizantes devem ser calculadas com base nos resultados laboratoriais, mediante amostragem realizada ano a ano (GUARÇONI, 2016). Isto a torna ainda mais importante para a viabilidade da lavoura, visto que a adubação adequada permite economia nos custos de produção, considerando-se os valores cada vez mais elevados dos insumos externos, além de minimizar aplicações excessivas no meio ambiente (SASSENATH et al., 2012; GUARÇONI et al., 2019).

#### **2.2.5.4 Desempenho dos atributos da dimensão social.**

A dimensão social apresentou evidente dissimilaridade entre os atributos, com a assistência técnica a registrar o nível mais baixo (0,25) (Figura 3), onde 46% dos produtores não recebiam assistência técnica pública e 23% nunca recorreram a

serviços privados. Esse achado é consistente com Herzog et al. (2020) que notou carência de suporte técnico à produtores da região. E semelhante às constatações de Cruz et al. (2020) ao avaliarem dados do Programa de Promoção da Agricultura Familiar (PRONAF) e constarem considerável demanda de assistência na região Sudeste do Brasil. Esses resultados corroboram Rocha et al. (2019) ao constar que apenas 18% dos pequenos produtores da região sudeste recebiam assistência técnica com regularidade.



**Figura 3.** Desempenho dos atributos sociais.

Outro atributo importante foi a escolaridade dos produtores (0,31) onde apenas 4% tinham ensino superior, 22% médio e 32% somente o fundamental, o que demonstra que muitos produtores da região têm baixos níveis de escolaridade, podendo conseqüentemente ser assumido que eles têm conhecimento limitado de práticas agrícolas. Estes resultados são consistentes com o censo agropecuário, que constatou que a escolaridade média da população rural da região, acima de 18 anos, era de nove anos, correspondendo aproximadamente ao ensino fundamental dois e médio incompleto (IBGE, 2017).

Um baixo nível de escolaridade está associado normalmente com fatores de risco, pois os produtores temem conhecer novas alternativas de menjo (GUTIERREZ et al. 2020). Estudos indicam que a escolaridade dos produtores é afetada por fatores socioeconômicos e culturais, como a dificuldade de acessar as escolas e a “evasão escolar hereditária”, quando o filho segue os passos do pai e abandona a escola para ajudar na lavoura (GARCIA et al., 2020).

A consciência ecológica também apresentou baixa pontuação (0,38) em que, 74% relataram problemas para melhorar a sustentabilidade, atribuindo à falta de assistência técnica como causa raiz. Isso evidencia a necessidade da conscientização

no campo, visto que o estado oferece serviços de assistência técnica aos produtores capixabas, por meio do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER). Entretanto, é necessário que o agricultor faça cadastro e solicite o serviço, informação desconhecida por muitos produtores (INCAPER, 2019).

#### **2.2.5.5 Análise de componentes principais e determinação dos indicadores de sustentabilidade.**

Um elemento importante na avaliação da sustentabilidade é a identificação da associação entre variáveis de maior significância, as quais podem mostrar a tendência geral dos dados e posterior definição dos indicadores. Nesse sentido, a análise de correlação permitiu a extração de 21 variáveis (incluindo as unidades de pesquisa) e as variáveis suplementares (comercialização do produto e nível de escolaridade) com índices de correlação satisfatórios dentre o conjunto original de 62 variáveis, enquanto as demais apresentaram correlações muito fracas, o que as inviabilizou para a análise multivariada (Apêndice C).

O teste de esfericidade de Bartlett a 5% para esse conjunto de 21 variáveis mostrou que as correlações foram significantes com valor-p 0,0002, rejeitando a hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade, confirmando ser uma estrutura útil. Além disso, o teste de KMO apresentou uma estatística MAS de 0,078, e, portanto, em concordância com o teste de Bartlett a matriz foi considerada adequada para a análise de componentes principais (PCA).

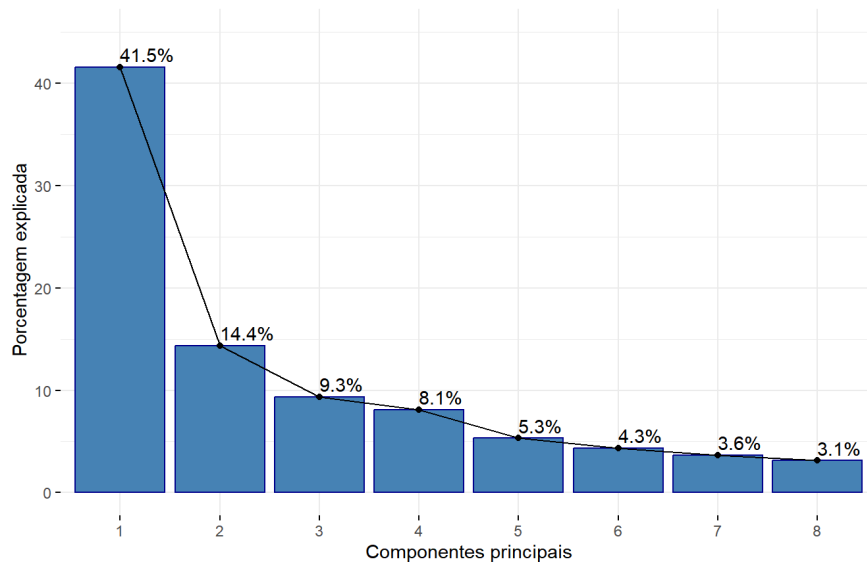
Assim, na Tabela 2 apresentam-se os autovalores e a porcentagem de variância e variância acumulada por cada componente. Como pode ser observado, os seis primeiros autovalores (variâncias) explicaram cerca de 83% da variância total. Entretanto, selecionou-se apenas as quatro primeiras, que juntas explicaram 73,4% de toda a variabilidade presente nos dados. A seleção dessas componentes foi com base no critério de Kaiser (1958) que sugere tomar aquelas cujo, autovalores são maiores que 1, demonstrando que esses são valores estatisticamente significativos.



**Tabela 2.** Autovalores, percentual de variância e percentual de variância acumulada para as oito primeiras componentes.

Componente principal	Autovalores	Variância (%)	Variância acumulada (%)
PC 1	7,4746	41,5258	41,5258
PC 2	2,5860	14,3668	55,8926
PC 3	1,6830	9,3498	65,2424
PC 4	1,4620	8,1224	73,3648
PC 5	0,9578	5,3210	78,6858
PC 6	0,7825	4,3475	83,0333
PC 7	0,6553	3,6406	86,6739
PC 8	0,5635	3,1307	89,8046

Esse resultado é ratificado pelo gráfico *Scree Plot* onde se verifica uma clara estabilização proporcional da variância explicada em torno da quarta componente, indicando que essas devem ser consideradas variáveis latentes para expressar significativamente a variância total da base de dados original (Figura 4).



**Figura 4.** Porcentagem da variação explicada pelas componentes principais pelo método gráfico *Scree Plot*.

É importante salientar, que o número de componentes a serem retidas não é trivial, pois existem vários outros critérios com essa finalidade disponíveis na literatura. Entretanto, adotou-se o método de Kaiser, associado a inspeção do gráfico *Scree Plot*, por ser um dos critérios mais comumente utilizado no meio científico, além do mesmo, estar nos principais programas estatísticos (MATOS e RODRIGUES, 2019).

Os pesos ou *escores* fatoriais rotacionados, pelo método *varimax* (RC), das quatro PC's foram responsáveis por 73,36% da variância total dos dados amostrados, resultado que ratifica a eficiência da PCA em reduzir a dimensão dos dados, facilitando a interpretação da gama de variáveis original a partir de quatro variáveis teóricas

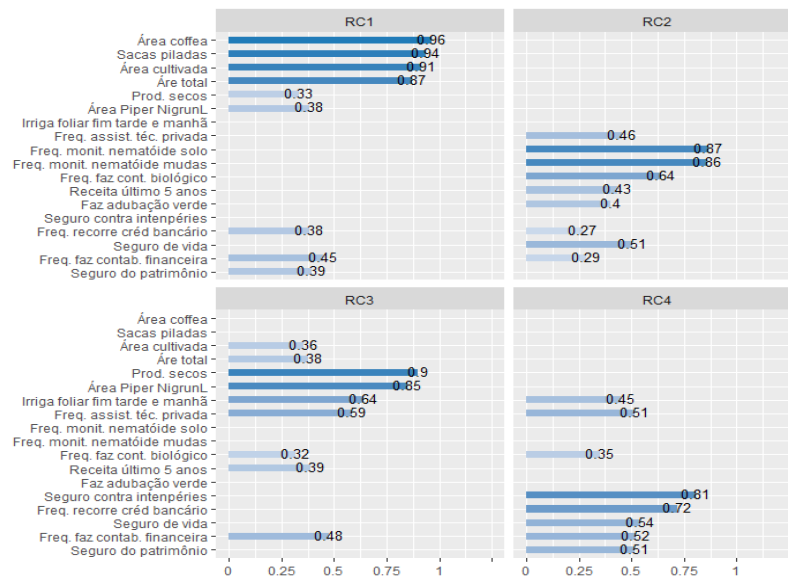
(PC's). Essa proporção de variância total explicada pelas quatro PC's pode ser considerada bastante razoável e suficiente para inferir, sem perda de generalidades, sobre os parâmetros de sustentabilidade a que se propõe este estudo. De fato, o número de componentes retido (73,36%) reflete um quantitativo superior a 70% da variabilidade original dos dados, conforme argumentado em Mingoti (2013).

Observa-se pela Tabela 3 que os autovalores, a proporção da variância explicada e a proporção da variância acumulada das PC's, obtidas pela rotação *varimax*, apresentaram distribuição mais uniforme, sendo, RC1, RC2, RC3 e RC4, responsáveis por respectivamente 23,75%, 16,65%, 17,76% e 15,21% da variância explicada. Isso demonstra que a sustentabilidade da região apresenta dependência aproximadamente igual das quatro componentes selecionadas pelo modelo de PCA. Destaca-se que a rotação não altera a variância acumulada inicial (73,36%), uma vez que apenas as coordenadas dos eixos sofreram rotação ortogonal (método *varimax*) que mantém a perpendicularidade das componentes.

**Tabela 3.** Autovalores, proporção da variância explicada e proporção da variância acumulada explicada pelas 4 PC's considerando a rotação *Varimax*.

	Parâmetro			
	RC1	RC2	RC3	RC4
Autovalores	7,475	1,683	2,586	1,462
Variância explicada	0,237	0,166	0,178	0,152
Variância explicada (acumulada)	0,237	0,582	0,415	0,734
Variância explicada (proporção)	0,324	0,227	0,242	0,207

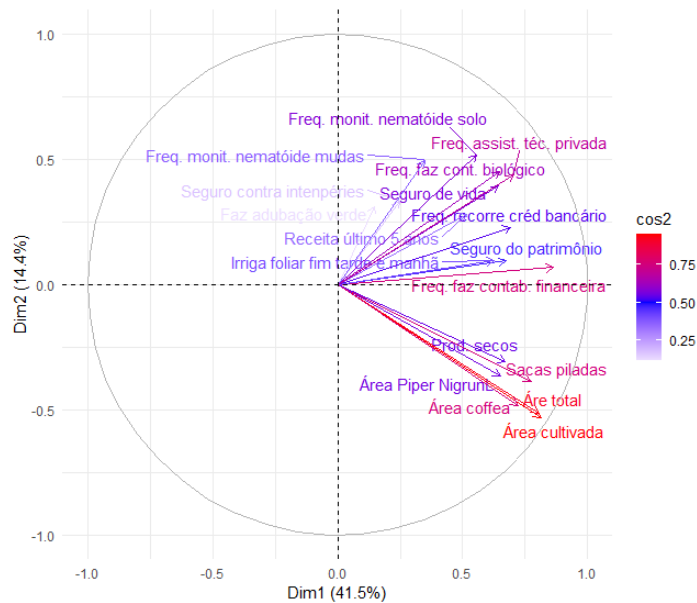
Considerando-se os valores absolutos com limiares superiores a 0,50 para classificar, significativamente, as variáveis de maior impacto nas 4 PC's rotacionadas, aquelas que tiveram maior peso na componente formaram a base teórica para sua definição, assim a Figura 5 mostra que as componentes estavam essencialmente relacionadas a oito categorias de variáveis: área total, área cultivada, rendimento das culturas, gestão fitossanitária, seguridade, práticas conservacionistas, assistência técnica e estabilidade financeira.



**Figura 5.** Variáveis de maior impacto com seus respectivos pesos para as quatro primeiras componentes rotacionadas por *varimax*.

Nessa perspectiva, a PC1, que explicou 41,5% da variância total, pode ser interpretada como índice global de desempenho econômico e área cultivada. Desse modo, denominou-se PC1 “economia e produção”. Já PC2 (14,3%) correspondeu a um índice global de “controle fitossanitário”. Enquanto PC3 (9,3%) constitui um índice global de “produção otimizada de pimenta-do-reino”. Por sua vez, a PC4 com 8,1% caracterizou um índice global de investimentos em seguro, nomeada “prevenção”.

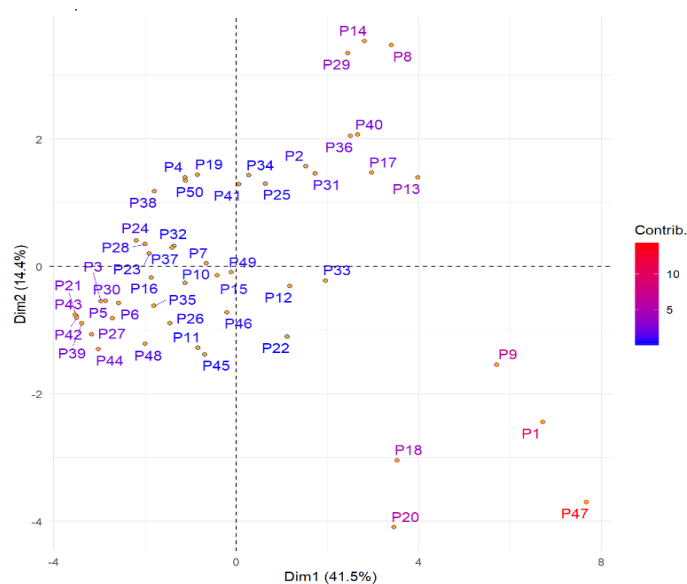
A ordem das componentes revela seu grau de importância. Pode-se observar que as variáveis de maior impacto estão relacionadas as componentes “economia e produção” e “controle fitossanitário”. Portanto, as duas primeiras PC’s somaram 55,8% da variância total, conforme a Figura 6. No gráfico, os valores de  $\text{Cos}^2$ , sendo uma particularidade do pacote FactoMinerR, indicam a qualidade das variáveis. Esse índice é equivalente ao coeficiente de determinação,  $R^2$ , comumente utilizado em ajustes de regressão. Então pode-se compreender que tais valores medem o grau de associação entre categorias de variáveis em um particular eixo das PC’s. Além disso, ao inspecionar o gráfico as maiores flexas carregam o maior grau de qualidade das variáveis em relação àquela componente cuja coordenada é maior. Em suma, os valores da medida de  $\text{Cos}^2$  quantificou o quanto uma variável se ajustou ou impactou uma PC (Figura 6).



**Figura 6.** Qualidade da representação das variáveis num espaço bidimensional das PC's 1 e 2.

Com exceção do seguro intempérie e da adubação verde, verifica-se na Figura 6 que todas as outras variáveis tiveram variâncias bem representadas no mapa fatorial. A disposição no gráfico apresentou correlação positiva e sem muita dispersão, ou seja, à medida que o índice de uma variável em PC1 aumenta, também aumenta o índice de PC2.

A distribuição das propriedades no espaço bidimensional de PC1 e 2 variou com base nos índices de sustentabilidade. Na Figura 7 as correlações positivas foram responsáveis pela discriminação dos indivíduos.



**Figura 7.** Contribuição das propriedades no espaço bidimensional das PC's 1 e 2.

Os resultados mostram que propriedades maiores têm maior potencial para a produção tanto de café quanto de pimenta-do-reino. Assim, a sustentabilidade das

propriedades em PC1 parece impulsionada pelo desempenho econômico influenciado pela extensão da área e produção das culturas. Semelhantemente ao resultado de Asfaw et al. (2019) ao apontar que o tamanho da propriedade é uma variável forte para indicar a sustentabilidade econômica, como também o resultado de Heredia et al. (2020) ao evidenciar que a produtividade é uma variável altamente correlacionada ao tamanho da propriedade e representa a maioria da dimensão econômica.

Portanto, no prisma da PC1 destacam-se, no contexto do desenvolvimento econômico sustentável, aqueles produtores com maiores estruturas agrícolas e, conseqüentemente, maior poder econômico. Esse indicador, sinaliza a importância de políticas públicas e econômicas que concentrem esforços significativos direcionados para um desenvolvimento produtivo, estabelecendo estratégias mais robustas que comparem responsabilidades ecológicas e sociais entre os produtores. Dessa forma é possível minimizar a crítica diferença entre as propriedades rurais da região Norte do Estado do Espírito Santo quanto a infraestrutura e assim, equilibrar a balança do cenário do desenvolvimento sustentável.

Por outro lado, propriedades que caracterizam a PC2 destacam os maiores cuidados dos produtores com o controle e a gestão fitossanitária. Isso sugere que a sustentabilidade dessas parcelas é impulsionada pelo desempenho ambiental e social, visto que, o monitoramento de nematoide correlaciona-se com a assistência técnica. Tal resultado assemelha-se com os estudos de Stylianou et al. (2020) ao apontar a assistência como uma variável social essencial para avaliar o conhecimento e capacitação dos produtores, da mesma forma Diaz et al. (2021) ao evidenciar que a assistência técnica é uma variável altamente correlacionada com a adesão de práticas de planejamento e gestão das lavouras.

Com isso, PC2 indica que produtores assistidos têm maiores níveis de conhecimento no manejo agrícola, indicando que um agricultor com treinamento técnico tem maior probabilidade de ter um nível maior de desempenho sustentável. Ou seja, esses produtores tendem a buscar informações e aplicar conhecimentos mais especializados em comparação com os produtores com menor qualificação. Nesse sentido, fica evidente que a disposição em adotar práticas mais sustentáveis na região norte capixaba é moldada pelo nível de conhecimento e habilidades do agricultor em relação às tecnologias e sua capacidade de avaliar potenciais ganhos de rendimentos, carecendo, portanto, cobrir a lacuna da comunicação entre produtores e outras partes interessadas na inovação agrícola e gestão eficiente dos recursos ambientais, assim,

quanto mais próxima à produção da fronteira tecnológica, maior será a eficiência produtiva sustentável.

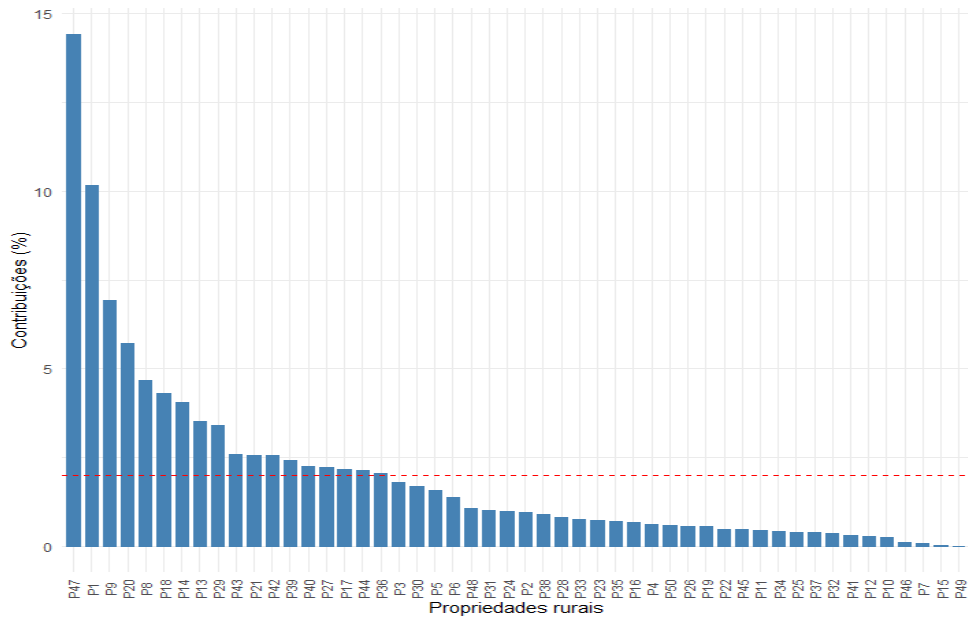
Em PC3 destacaram-se as propriedades que apresentaram uma produção otimizada de pimenta-do-reino, sendo encontrada forte correlação entre área plantada e produção, isso revela que esse grupo de agricultores investem no manejo da cultura para superar problemas bióticos e abióticos limitantes à produção, verificando-se novamente a influência de fatores socioeconômicos na adoção de práticas agrícolas e de produtividade, como evidenciado em PC1 e PC2. Esse resultado explica de certa forma a tendência de pequenos produtores da região investirem mais na cafeicultura.

Nesse caso, a produção otimizada de pimenta-do-reino é um indicador que põe em evidencia a dificuldade de alguns produtores tem no manejo e investimento da cultura. Neste caso, promover pesquisas que visam aumentar o potencial genético da pimenta-do-reino e oportunizar alternativas de exploração do tipo consorciada ou em sistema agroflorestal, são alternativas que potencializam a exploração da cultura de forma economicamente sustentável (NANDA et al., 2020).

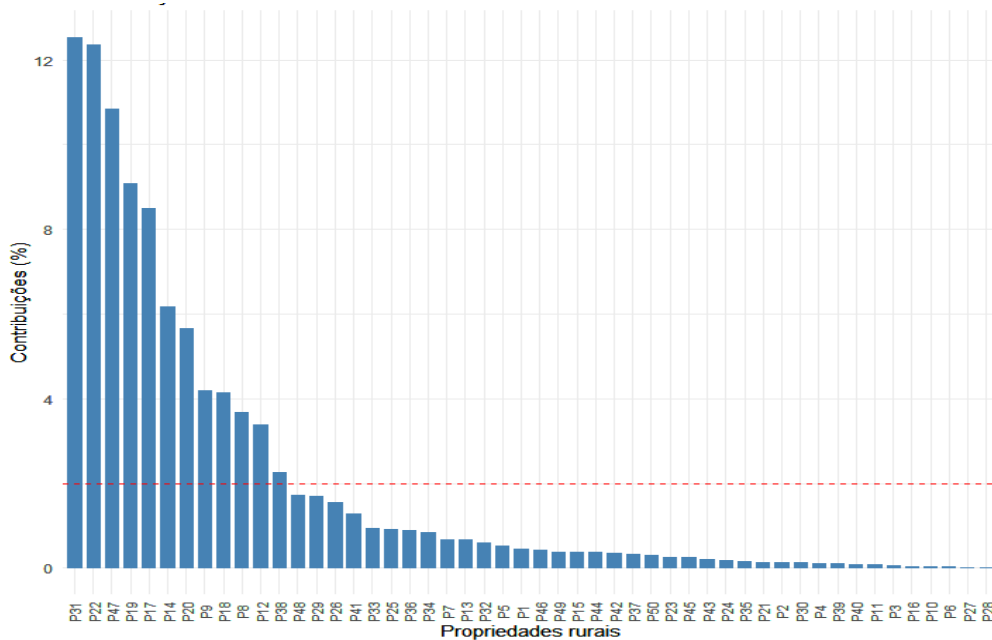
Já em PC4 destacam-se aqueles produtores que investem em seguros e recorrem a créditos bancários. Ao verificar a correlação das variáveis os resultados são semelhantes ao de Vyas et al. (2021) ao verificarem que o seguro agrícola é uma importante variável na avaliação e está fortemente correlacionada com ocorrência de epidemias fitossanitárias e desastres climáticos. Já Sun et al. (2020) apontam o crédito rural como uma variável que avalia a capacidade do produtor em aumentar a produtividade, já que possibilita realizar investimentos aquisição de equipamentos e insumos agrícolas. Portanto, a “prevenção” se caracteriza um indicador significativo para a sustentabilidade destas propriedades.

Embora o Brasil tenha uma visão clara da sua responsabilidade em promover o desenvolvimento sustentável, visando proteger o meio ambiente e o clima, firmando papel importante na formulação da Convenção de Paris, seus problemas econômicos dificultam, na prática, a efetividade em atingir as principais metas em avançar no processo que garanta um desenvolvimento sustentável, proporcionando prosperidade à sociedade em geral (BRASIL, 2023). Assim, essa realidade não difere do Norte do Espírito Santo, portanto, este estudo é de suma importância, trazendo à luz a raiz do problema e indicando os principais gargalos encontrados por seus produtores em alcançar a meta de uma produção “plenamente sustentável”.

Quando analisada a contribuição das propriedades para as quatro PC's, espera-se que os indivíduos atinjam o valor tracejado pela linha vermelha nas Figuras 8 e 9.



**Figura 8.** Contribuição conjunta dos indivíduos para as PC's 1 e 2.



**Figura 9.** Contribuição conjunta dos indivíduos para as PC's 3 e 4.

Ao todo, 18 indivíduos superaram esse valor, entretanto apenas seis (47, 20, 18, 09, 08 e 17) apresentaram maior relevância. Essas seis propriedades se diferenciam apresentando um equilíbrio maior entre os indicadores de “economia e produção”, “controle fitossanitário”, “produção otimizada de pimenta-do-reino” e “prevenção”, o que atende aos princípios da sustentabilidade, neste contexto. Esses dados reforçam a supremacia de alguns produtores que conseguem produzir de forma

sustentável, distanciando-se da grande maioria que, realmente, precisa de incentivos e apoio para mudar essa situação e atingir uma produção mais sustentável e economicamente viável.

Em PC1 e PC2 (Figura 8) a propriedade 47 foi a que mais contribuiu, podendo classifica-la como uma propriedade de alto padrão e uma referência sustentável na região. No tocante às componentes 3 e 4 (Figura 9), caracterizadas por produção “otimizada de pimenta-do-reino” e “prevenção”, apenas 12 propriedades obtiveram bom desempenho, destacando-se as propriedades 31 e 32. Então, fica evidenciado que quando se trata de questões de investimentos no campo de segurança e prevenção, como também no cultivo otimizado da pimenta, poucos (24%) produtores contribuem efetivamente nestes eixos sustentáveis.

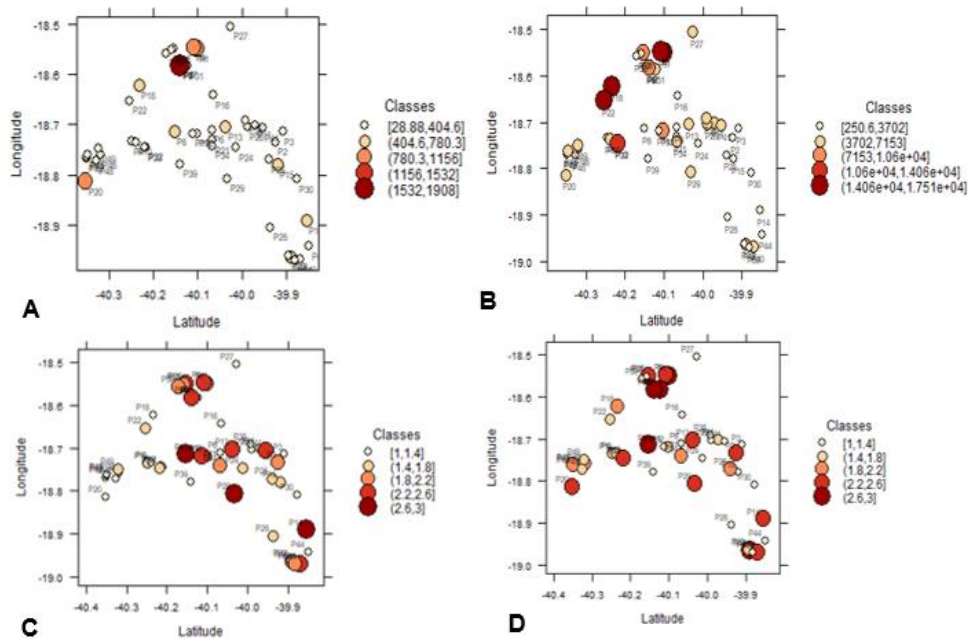
Portanto, novamente, são temas que necessitam ser trabalhados por meio do suporte técnico adequado e planejamento estratégico para alavancar as metas de produção, preocupando-se com a prevenção de suas lavouras e também como o meio ambiente, com o objetivo de melhorar esses indicadores de sustentabilidade.

#### **2.2.5.6 Índices de sustentabilidade e distribuição espacial das propriedades.**

A determinação do *status* de sustentabilidade foi baseado na pontuação dos índices obtidos pelos escores de cada indicador, é importante ressaltar que tais índices foram padronizados por suas médias, com isso, achou-se interessante incorporar aos escores o atributo espacial dos indivíduos, portanto, na Figura 10 pode-se visualizar isoladamente cada indicador e como cada um contribuiu para o índice de sustentabilidade das propriedades.

Os resultados mostram uma grande variação nos índices. No indicador economia e produção (Figura 10a), nota-se que as propriedades localizadas ao norte tiveram melhor desempenho, contudo as demais regiões, em destaque para a sudeste e central, se encontram na classe de baixo índice de sustentabilidade. No indicador controle fitossanitário (Figura 10b), visualiza-se melhores índices nas porções noroeste, norte e central, ainda assim, as propriedades localizadas na porção sudeste possuem baixos índices de sustentabilidade. Em relação aos indicadores produção otimizada de pimenta-do-reino e prevenção (Figura 10c e 10d) observou-se melhores índices, contudo, propriedades localizadas na região oeste (Figura 10c) apresentaram menor índice de produção otimizada de pimenta-do-reino.





**Figura 10.** Distribuição espacial dos índices de economia e produção (A), controle fitossanitário (B), produção otimizada de pimenta-do-reino (C) e prevenção (C) das 50 propriedades localizadas na região norte do Espírito Santo. As esferas representam as propriedades e quanto mais escura, maior o índice de sustentabilidade.

Embora possa parecer contraditório, é possível uma propriedade apresentar um alto índice de sustentabilidade mesmo sem contribuir com um ou mais indicadores específicos (GABRIELLI et al., 2023). Então isso também pode ocorrer nas pequenas propriedades, indicando que o alto índice encontrado pode ser devido os agricultores usarem práticas tradicionais que de alguma forma ajudam no manejo otimizado das culturas ou pela contratação de pelo menos um tipo de seguro. Portanto, mesmo que a contribuição para o indicador seja pequena, o fato de o índice ter sido alto é um sinal de que pequenas ações têm impacto positivo na sustentabilidade (EL ANSARI et al., 2020). No entanto, é importante ressaltar que a contribuição em um ou mais indicador não deve ser vista como uma justificativa para práticas insustentáveis. Ao contrário, é fundamental que as propriedades contribuam com todos os indicadores, para que seu equilíbrio e a sua viabilidade seja garantida a longo prazo.

Uma das vantagens da espacialização é a identificação de áreas com índices semelhantes, portanto, ao analisar os mapas da Figura 10, observa-se a formação de um “cinturão” de propriedades que se estende de noroeste a sudeste. A ocorrência de propriedades apresentando mesmos padrões é um fenômeno que pode ser explicado por uma série de fatores, em geral, as propriedades próximas tendem a estar sujeitas a condições semelhantes em termos de solo, topografia e vegetação (VENANCIO et al., 2020), podendo influenciar nas práticas adotadas pelos produtores, que tendem a buscar soluções semelhantes para lidar com tais condições. Isso significa que essas

áreas possuem práticas semelhantes, indicando a existência de troca de experiências e o compartilhamento de técnicas de manejo entre os produtores.

Independentemente dos fatores que influenciam o índice de sustentabilidade de propriedades próximas, é importante ressaltar que a ocorrência desse fenômeno é significativa para o desenvolvimento da região. Por exemplo, propriedades próximas com altos índices podem se tornar referências para as demais, incentivando a adoção de práticas para a melhoria da produção agrícola. Além disso, a cooperação e a troca de experiências entre produtores é importante para a promoção da sustentabilidade, permitindo o compartilhamento de e trabalho conjunto na solução de problemas em comum.

#### 2.2.5.7 Perfil sustentável das propriedades em relação aos distritos.

Embora os dados sejam propícios da região litoral norte capixaba, é provável que, no geral, esse perfil se estenda para todo o norte do estado, tendo em vista as características das atividades agrícolas, salvo algumas propriedades que se destacam economicamente, devendo-se ser avaliadas a parte.

Neste sentido, a Tabela 4 apresenta os intervalos de confiança *bootstrap* a 95% dos escores para efeito de comparação das propriedades de cada distrito. Com base nesses intervalos, pode-se verificar que não houve diferença significativa entre os distritos devido as inserção dos mesmos . Assim pode-se inferir que os municípios da região norte capixaba, tal qual as propriedades, que apresentam essas condições, possuem o mesmo perfil de sustentabilidade.

**Tabela 4.** Intervalos de confiança *bootstrap* para os escores obtidos para cada distrito a 95% de confiança.

Distritos	N	Média			Limite inferior			Limite superior		
		Escore			Escore			Escore		
		01	02	03	01	02	03	01	02	03
Barra Nova	07	212	2560	1,77	115	1170	1,40	335	4220	2,17
Itauninhas	09	437	5260	2,04	123	2670	1,64	868	8290	2,40
Nestor Gomes	11	228	6090	1,42	114	2970	1,16	368	9690	1,73
Nova Verona	07	186	2180	1,40	113	1000	1,09	255	3360	1,86
São Mateus	16	241	4790	1,79	140	3140	1,54	383	7000	2,08

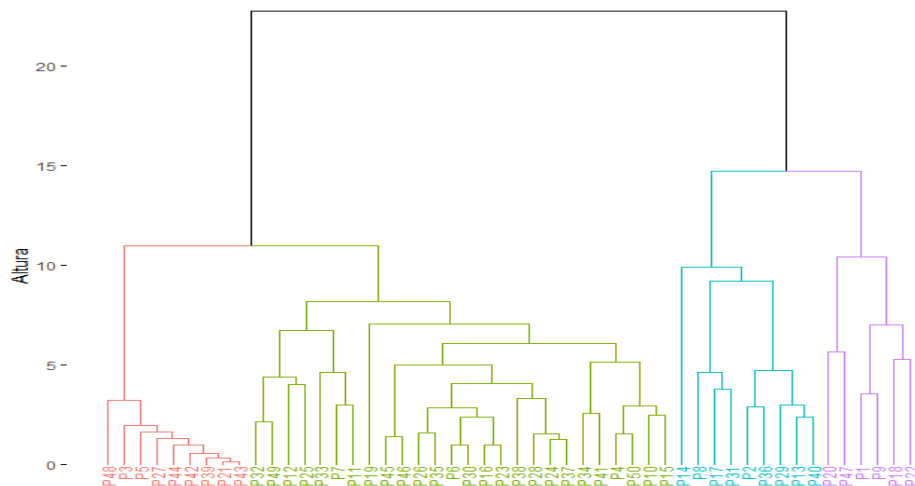
Uma das dificuldades deste estudo foi comparar os perfis das propriedades considerando os índices de sustentabilidade. Uma vez que os escores não seguiram uma distribuição normal (segundo o teste de Shapiro-Wilk a 5%) indicando que PC 1 e PC 2 violaram o princípio de normalidade. A construção dos intervalos de confiança

(percentil) pelo método não-paramétrico *bootstrap*, gerou estimativas mais acuradas, e certamente, essa abordagem pode ser usada quando os dados não atendem o princípio de normalidade, tendo em vista que um teste tradicional não pode ser aplicado.

A combinação da estatística multivariada com o *bootstrap* é um procedimento observado recentemente na avaliação de sustentabilidade, constatado por Silva et al. (2021) ao utilizarem a técnica para construção de intervalos de confiança dos escores estimados para determinar a ecoeficiência agrícola na Amazônia. Assim, a abordagem utilizada traz uma contribuição metodológica inovadora, pois poucos trabalhos tratam dos métodos acima considerando a eficiência da agricultura nacional, em especial os sistemas de produção de café conilon e da pimenta-do-reino, do ponto de vista da sustentabilidade.

#### 2.2.5.8 Dendrograma com o agrupamento das propriedades de conforme a similaridade das respostas dos produtores entrevistados.

Alternativamente, o modelo de agrupamento não-hierárquico obtido pelo método *K-Means* indicou a formação de 4 grupos (*clusters*) de propriedades definidos a partir da distância euclidiana inferior com limiar 10. No dendrograma na Figura 11 é possível verificar a distribuição das propriedades e os principais agrupamentos conforme a similaridade das respostas. Os *clusters* ocorreram independentemente da localização geográfica das propriedades. Da esquerda para a direita, o *cluster* I reuniu 9 propriedades, representando 18%, o *cluster* II foi formado por 26, equivalendo a 52% do total entrevistado e os *clusters* III formado por 9 e IV por formado 6 propriedades, equivalendo a 18% e 12% dos entrevistados, respectivamente.



**Figura 11.** Dendrograma extraído pela análise de *cluster* com arranjo de agrupamentos das propriedades, conforme as semelhanças das respostas dos produtores.

O *cluster* 1 foi formado por propriedades que apresentam baixo desempenho nas três dimensões da sustentabilidade. O *cluster* 2 foi composto por propriedades com sustentabilidade mista para as três dimensões. O *cluster* 3 inclui propriedades com valores relativamente altos para sustentabilidade social e econômica, enquanto propriedades no *cluster* 4 apresentaram maior equilíbrio entre as três dimensões de sustentabilidade, entretanto, a dimensão econômica foi ligeiramente superior. Isso não significa que propriedades com maior proximidade em relação às respostas dos entrevistados tenham os mesmos resultados, mas sim resultados similares.

A análise de *cluster* ajudou destacar inconsistências na sustentabilidade em diferentes grupos de propriedade. Portanto, verifica-se que propriedades com melhor desempenho não são necessariamente melhores em todas as três dimensões, e o fato de nenhuma propriedade ser simultaneamente sustentável em todos os aspectos, indica que apesar dos crescentes esforços empreendidos na região para implementar princípios de agricultura sustentável, mediante as tecnologias de manejo, muitas áreas ainda continuam longe dos níveis desejáveis de uma perspectiva equilibrada e multidimensional, sendo nesse caso a maior fragilidade encontrada em termos sociais e econômicos, o que de certa forma interfere na eficiência ambiental.

Garcia et al. (2020) elucidaram que nesse caso, a escolaridade é um atributo social que exerce papel crucial no desempenho socioeconômico, pois o processo de busca de informações e sua acessibilidade geralmente requer que o agricultor tenha atingido um nível de conhecimento maior, já Anwarudin e Dayat (2019) perceberam que produtores com baixos níveis de escolaridade são pouco engajados com práticas que proporcionam melhorias na produtividade. Esses estudos corroboram o resultado deste trabalho, pois a maioria dos produtores possui somente o ensino fundamental e demonstram conhecimento limitado sobre práticas inovadoras.

### **2.2.6 Conclusões**

O método de avaliação proposto neste estudo usando estatística multivariada, possibilitou a identificação dos principais fatores que influenciam na sustentabilidade regional. A análise de PCA permitiu a extração de quatro indicadores capazes de evidenciar os fenômenos agrícolas importantes, “economia e produção”, “controle fitossanitário”, “produção otimizada de pimenta-do-reino” e “prevenção”.

Os indicadores gerados atendem às três dimensões da sustentabilidade, com maior ênfase para a dimensão econômica, seguida da social e ambiental, sendo

o desempenho econômico altamente correlacionado com princípios sociais, onde as fragilidades foram mais evidentes.

A produção do café conilon e da pimenta-do-reino da região norte capixaba requer a difusão e a transferência de tecnologias considerando as reais necessidades de cada produtor para a melhoria da sustentabilidade.

Fatores estruturais dificultam o equilíbrio da sustentabilidade, nesse sentido o tamanho da propriedade tem influência substancial nos aspectos socioeconômicos da região.

Mesmo que a contribuição de algumas propriedades para os indicadores seja pequena, o fato de o índice ter sido alto é um sinal que pequenas ações têm impacto positivo na sustentabilidade.

Propriedades próximas, com índices de sustentabilidade semelhantes, indica a existência de troca de experiências e o compartilhamento de técnicas de manejo entre os produtores.

Tem-se a orientação da assistência técnica como uma das principais ações sociais necessárias para que se fomente a produtividade das culturas na região norte capixaba.

Muito embora seja possível a contratação de assistência, deve-se reconhecer que a escolaridade dos produtores é um atributo importante, portanto, investir na educação e capacitação rural é essencial para promover a sustentabilidade sendo necessário incentivar o acesso à informação, tecnologias e boas práticas, bem como estimular o diálogo e a cooperação entre produtores, instituições de pesquisa e órgãos governamentais.

Finalmente, a apuração de indicadores por métodos analíticos multivariados é uma ferramenta valiosa para avaliar a sustentabilidade da produção de café conilon e pimenta-do-reino no norte do estado do Espírito Santo, por isso recomenda-se seu uso para futuros estudos com objetivos similares aos propostos neste estudo.

## 2.2.7 Referências

ABERA, W.; TAMENE, L.; TIBEBE, D.; ADIMASSU, Z.; KASSA, H.; HAILU, H., ...VERCHOT, L. Characterizing and evaluating the impacts of national land restoration initiatives on ecosystem services in Ethiopia. **Land Degradation & Development**, v. 31, n. 1, p. 37-52, 2020. <https://doi.org/10.1002/ldr.3424>.

ALTIERI, M. A. (1994) - **Bases agroecológicas para una producción agrícola sustentable**. Agricultura Técnica 54, 4: 371-386.

ANWARUDIN, O.; DAYAT, D. The effect of farmer participation in agricultural extension on agribusiness sustainability in Bogor, Indonesia. **International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding**, v. 6, n. 3, p. 1061-1072, 2019. <http://dx.doi.org/10.18415/ijmmu.v6i3.1028>.

ARITA, L.Y.; SILVA, S.A.; MACHADO, A.C.Z. Efficacy of chemical and biological nematicides in the management of *Meloidogyne paranaensis* in *Coffea arabica*. **Crop Protection**, v. 131, p. 105099, mai. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105099>.

ASFAW, S.; SCOGNAMILLO, A.; DI CAPRERA, G.; SITKO, N.; IGNACIUK, A. Heterogeneous impact of livelihood diversification on household welfare: Cross-country evidence from Sub-Saharan Africa. **World Development**, v. 117, p. 278-295, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.01.017>.

BARTLETT, M. S., (1951), The Effect of Standardization on a chi square Approximation in Factor Analysis, *Biometrika*, 38, 337-344.

BELAN, L.L.; DE JESUS J.W.C.; DE SOUZA, A.F.; ZAMBOLIM, L.; FILHO, J. C.; BARBOSA, D.H.S.G.; MORAES, W.B. Management of coffee leaf rust in *Coffea canephora* based on disease monitoring reduces fungicide use and management cost. **Eur J Plant Pathol**, v 156, p. 683-694, mar. 2020. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01917-6>

BINDER, C. R.; HINKEL, J.; BOTS, P. W. G.; PAHL-WOSTL, C. Comparison of Frameworks for Analyzing Social-ecological Systems. vol. 18, no. 4, dez, 2013. **JSTOR**, <http://www.jstor.org/stable/26269404> <http://www.jstor.org/stable/26269404>

BRASIL. Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. **Brasília**, DF: Diário Oficial da União, 2006.

BRASIL, ONU. Os objetivos de desenvolvimento Sustentável no Brasil. **Nações Unidas Brasil**, 2022.

BRUMAT, A.C.L.; SILVA, M.; SOUZA, A. F.; GONTIJO, I.; VITÓRIA, E.L.; SAMBUGARO, R. Comportamento espaço-temporal da fusariose em pimenta-do-reino. **Nativa**, v. 7, n. 5, p. 484, set. 2019. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i5.7261>.

BRUNDLAND, G. H. World commission on environment and development. **Our common future oxford**. 1987.

CHARRAD, Malika e cols. NbClust: um pacote R para determinar o número relevante de clusters em um conjunto de dados. **Jornal de software estatístico**, v. 61, p. 1-36, 2014.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de café, **Brasília**, DF, v.9 safra 2022, n. 3, set, 2022. <https://www.conab.gov.br/>

COSTA, H. **Manejo da fusariose da pimenta-do-reino no Estado do Espírito Santo**. 2014.

CRISPIM, Diêgo Lima; FERNANDES, Lindemberg Lima; ALBUQUERQUE, RL De O. Aplicação de técnica estatística multivariada em indicadores de sustentabilidade nos municípios do Marajó-PA. **Revista Principia-Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB,(46)**, p. 145-154, 2019.

CRUZ, N.B.D.; JESUS, J.G.D.; BACHA, C.J.C.; COSTA, E.M. Acesso da agricultura familiar ao crédito e à assistência técnica no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, 2020. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.226850>.

DA MATTA, F. M.; AVILA, R. T.; CARDOSO, A. A.; MARTINS, S. C. V.; RAMALHO, J. C. Physiological and Agronomic Performance of the Coffee Crop in the Context of Climate Change and Global Warming: A Review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, n. 21, p. 5264–5274, 30 mai. 2018. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04537>.

DENIS, Daniel J. **Estatística aplicada univariada, bivariada e multivariada: Compreendendo a estatística para cientistas sociais e naturais, com aplicações em SPSS e R**. John Wiley & Filhos, 2021. See More.

DIAZ, R.T.; PINTO, O.D.; MEDINA, H.E.; MORENO, P.M.; CANALES, F.A.; CORRALES, P. A.; ECHEVERRÍA-GONZÁLEZ, A. Socioeconomic determinants that influence the agricultural practices of small farm families in northern Colombia. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v, 21, n. 7, p.440–451.dez. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jssas>.  
ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1992.

EFRON, B.; TIBSHIRANI, R. An introduction to the bootstrap. **New York**: Chapman & Hall, 1993. 436p.

EL ANSARI, L.; CHENOUNE, R.; A. YIGEZU, Y.; GARY, C.; BELHOUCLETTE, H. Trade-offs between sustainability indicators in response to the production choices of different farm household types in drylands. **Agronomy**, v. 10, n. 7, p. 998, 2020. <https://doi.org/10.3390/agronomy10070998>.

FANELLI, R. M. The Spatial and Temporal Variability of the Effects of Agricultural Practices on the Environment. **Environments**, v. 7, n. 4, p. 33, abr. 2020. <https://doi.org/10.3390/environments7040033>.

FASSIO, Levy Heleno; DA SILVA, A. E. S. **Importância econômica e social o café Conilon**. 2015.

FÁVERO, D.; COTTA, A.J.B.; BONOMO, R.; RODRIGUES, M.B. Hydrogeochemical characterization and suitability of water for irrigation in new and old reservoirs in

northern Espirito Santo, Brazil. **Environ Dev Sustain**, v 24, p 320–35, mai.2022. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01435-8>

FERRÃO, M.A.G.; RIVA-SOUZA, E.M.; FONSECA, A.F.A. da.; FERRÃO, R.G. Autoincompatibilidade e produção sustentável do café Conilon. In: FERRÃO, R.G. et al. **Café Conilon. 2.ed.rev.atual.** e ampl. Vitoria: INCAPER, 2017. cap.7, p.177-191.

FERRÃO, R.G.; VOLPI, P.; COMÉRIO, M.; FERRÃO, M.; DA FONSECA, A. F. A.; VERDIN F. A. C. **Cultivares de cafés Conilon e Robusta.** 2021.

FERREIRA, D. F. Estatística multivariada. 1.ed. Lavras: Editora UFLA, 2008. 662p.  
Figueiredo Filho, DB, & Silva Júnior, JA (2010). Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. *Revista Opinião Pública*, 16(1), 160-185

FINNEY, S.J. and DISTEFANO, C. (2006). Non-normal and categorical data in structural equation modeling. In G.R. Hancock & R.O. Mueller (Eds.), *Structural equation modeling: A second course* (p. 269-314). Greenwich, CT: Information Age.

FURRIEL, G.P.; FURRIEL, B.C.R.; COIMBRA, A.P.; CALIXTO, W.P. Acoustics applied in the development of equipment for precision agriculture: coffee handling and harvesting. **Computers And Electronics in Agriculture**, v. 198, p. 106981, jul. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2022.106981>.

GABRIELLI, J.R.M.; SANTOYO, A.H.; MARTINS, M.R.; REZENDE, M. L. Avaliação da sustentabilidade socioeconômica e ambiental em propriedades rurais de Minas Gerais a partir do método ISA. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, 2023. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.260860>

GARCÍA, G.A.G.; GUTIÉRREZ-MONTES, I.; NÚÑEZ, H. E. H.; SALAZAR, J. C. S.; CASANOVES, F. Relevance of local knowledge in decision-making and rural innovation: A methodological proposal for leveraging participation of Colombian cocoa producers. **Journal of Rural Studies**, v. 75, p. 119-124, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.01.012>.

GÓMEZ-LIMÓN, J.A.; ARRIAZA, M.; GUERRERO-BAENA, M. Building a Composite Indicator to Measure Environmental Sustainability Using Alternative Weighting Methods. **Sustainability**, v. 12, n. 11, p. 4398, mai. 2020. <https://doi.org/10.3390/su12114398>

GÓMEZ-LIMÓN, J.A.; SANCHEZ-FERNANDEZ, G. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. **Ecological economics**, v. 69, n. 5, p. 1062-1075, mar. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.027>

GUARÇONI, A. Reflexões sobre nutrição e adubação do cafeeiro. Curitiba: **Editora Prismas**, 2016.

GUARÇONI, M. A.; PAYE, H.; PARTELLI, F.; SIEBENEICHLER, E. **Recomendação de adubação e calagem.** 2019.

GUIMARÃES, T. C.; IGARI, A.T. Mudança do clima e seus impactos no seguro agrícola no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 4, p. 1583-1604, 2019.

HEREDIA, R.M.; TORRES, B.; CAYAMBE, J.; RAMOS, N.; LUNA, M.; DIAZ, A. Avaliação da sustentabilidade da agricultura indígena agroflorestal de pequenos



produtores na Amazônia: um estudo de caso dos kichwas equatoriano. **Agronomy**, v. 10, n. 12, p. 1973, 2020. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121973>

HERZOG, T.T.; SILVA, M.B.; FACCO, A.G. Análise do índice de sustentabilidade da produção de café conilon. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 13, n. 1, mar. 2020. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n1p213-232>.

HUSSON, F.; JOSSE, J.; LÊ, S. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, v.25, i.1, p.1-18, 2008.

IBGE, Censo Agropecuário 2017. **Resultados definitivos**. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es>.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Nov, 2022. <https://www.ibge.gov.br/>.

IBGE. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: **Brasil**. Rio de Janeiro. 2015.

INCAPER. Cafeicultura. **Café Conilon**, 2022. <https://inca-per.es.gov.br/cafeicultura-conilon>.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Coordenação Técnica de Segurança Alimentar e Estruturação da Comercialização. Cadastro de agroindústrias familiares do ES. Vitória: CTESA, 2019.

INCAPER. **Dia do Agricultor: conheça mais sobre a atividade que move o Espírito Santo**, 2020. <https://incaper.es.gov.br>.

JAGER, J.; PUTNICK, D.L.; BORNSTEIN, M. H. II. More than just convenient: The scientific merits of homogeneous convenience samples. **Monographs of the Society for Research in Child Development**, v. 82, n. 2, p. 13-30, 2017. <https://doi.org/10.1111/mono.12296>.

JOHONSON, R.A.; WICHERN, D.W. *Applied multivariate statistical analysis*. 3.

JOLLIFFE, I. T. *Principal Component Analysis*. 2. ed. New York: Springer Science & Business Media, 2002. 487 pg.

KAISER, H. F. A second generation Little Jiffy. *Psychometrika*, 1970, 35,401-415.

Kassambara A, Mundt F (2020). `_factoextra`: Extract and Visualize the Results of

KASSIE, M.; JALETA, M.; SHIFERAW, B.; MMBANDO, F.; MEKURIA, M. Adoption of interrelated sustainable agricultural practices in smallholder systems: Evidence from rural Tanzania. **Technological forecasting and social change**, v. 80, n. 3, p. 525-540, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.08.007>.

KUMAR, J.; MURALI, B.R.K.; JAIN, S.K.; SIVALINGAM, P. N.; MALLIKARJUNA, J.; KUMAR, V.; SHARMA, K.C.; SRIDHAR, J.; MOOVENTHAN, P.; DIXIT, A. Emerging and Re-emerging Biotic Stresses of Agricultural Crops in India and Novel Tools for their Better Management. **Current Science** v. 121, n. 1, p. 26. 2021. <http://dx.doi.org/10.18520/cs/v121/i1/26-36>.

LANDAU, Elena Charlotte e cols. Variação geográfica do tamanho dos módulos fiscais no Brasil. 2012.

LÜDECKE D, BEN-SHACHAR M, PATIL I, MAKOWSKI D (2020). “Extracting, Computing and Exploring the Parameters of Statistical Models using R.” *Journal of Open Source Software*, 5\*(53), 2445. doi:10.21105/joss.02445 <https://doi.org/10.21105/joss.02445>

MACEDO, R.; SALES, L. P.; YOSHIDA, F.; SILVA-ABUD, L. L.; LOBO, M. Potential worldwide distribution of Fusarium dry root rot in common beans based on the optimal environment for disease occurrence. **Plos one**, v. 12, n. 11, p. e0187770, 6 nov. 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187770>.

MACHADO, T. M. F.; PICCOLO, M. P.; MARADINI FILHO, A. M.; SILVA, M. B.; OLIVEIRA, M. V.; SANTOS JUNIOR, A. C.; ... SANTOS, Y. I. C. Qualidade de pimenta-do-reino obtida de propriedades rurais do norte do Espírito Santo. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 4, p. 207-224, 2021.

MACIEL, C.F.S.; TEIXEIRA, M.M.; FERNANDES, H.C.; VITÓRIA, E.L.; CECON, P.R. Distribuição volumétrica e espectro de gotas das pontas hidráulicas LD 11002 E MAG-2. **Revista Engenharia Na Agricultura**, v. 25, n. 3, p. 183–199, ago. 2017. <https://doi.org/10.13083/reveng.v25i3.671>.

MAGALHÃES, G.D.O.; DUARTE, E.D.R.; ZAWADZKI, F.; BERTOLINI, E.; PADUAN, F.N.; LAJÚS, C.R., ... SAUER, AV. Agricultura e sustentabilidade: mudanças climáticas e modificações no desenvolvimento agropecuário. **Divers@!**. v. 14, n. 1, p. 100–112, jun. 2021. <https://doi.org/10.5380/diver.v14i1.80514>.

MAGRACH, A.; GHAZOUL, J. Climate and pest-driven geographic shifts in global coffee production: Implications for forest cover, biodiversity and carbon storage. **PloS one**, v. 10, n. 7, p. e0133071, jun. 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133071>.

MANGIAFICO S (2023). *rcompanion: Functions to Support Extension Education Program Evaluation*. R package version 2.4.21, <<https://CRAN.R-project.org/package=rcompanion>>.

MATOS, Daniel Abud Seabra; RODRIGUES, Erica Castilho. Análise fatorial. 2019.

MATTAR, F. Pesquisa de marketing. Ed. Atlas. 1996.

MATTHEWS, G.; WILES, T.; BALEGUEL, P. A survey of pesticide application in Cameroon. *Crop Protection*, Guildford, v. 22, n. 5, p. 707-714, June 2003.

MILI, S.; MARTÍNEZ, V.J. Accounting for regional heterogeneity of agricultural sustainability in Spain. **Sustainability**, v. 11, n. 2, p. 299, 2019. <https://doi.org/10.3390/su11020299>

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2013.

MORAES, A.J.G.; SILVA, E.S.A.; ALMEIDA, E.N.; MENEZES, A.J.E.A. Avaliação dos impactos econômico, social e ambiental do cultivo da pimenteira-do-reino com tutor

vivo de gliricídia no estado do Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 7, p. 3696-3715, 2018.

Multivariate Data Analyses\_. R package version 1.0.7, <<https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>>.

NANDA, M.Z.; SYARIFUDIN, A.; HANDAYANI, I.; VIONITA, Y.; NUGRAHA, H. SpiceUp-Geodata for sustainable pepper farming: case pepper field at Bangka Belitung, Lampung, West Kalimantan, and East Kalimantan, Indonesia. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 443, n. 1, p. 012087, 2020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/443/1/012087>.

OLIVEIRA, C.M.G.; ROSA, J.M.O. **Nematoides parasitos do cafeeiro**. 2018.

PARTELLI, F. L.; DALAZEN, J. R.; DIAS, A. G. Conjuntura econômica e produtiva da Pimentado-reino. In: SILVA, M. B.; VITÓRIA, E. L.; CAMPANHARO, A. Cultura da pimenta-do-reino, v. 1, p. 11-13, 2018.

PARTELLI, Fábio Luiz. CAFÉ CONILON: Tecnologias na Produção e na Qualidade.2022.

PEIXOTO, J. N. S.; NUNES, M.; BALIZA, D. P.; PEREIRA, S. P.; ROSA, B. T. **Cafeicultura familiar e as boas práticas agrícolas em Bom Sucesso–MG**. 2017.

PHAM, H.G.; CHUAH.; SWEE, H.; FEENY, S. Fatores que afetam a adoção de práticas agrícolas sustentáveis: Descobertas de dados de painel para o Vietnã. **Economia Ecológica**, v. 184, p. 107000, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107000>

PHAM, Y.; REARDON-SMITH, K.; MUSHTAQ, S.; COCKFIELD, G. The impact of climate change and variability on coffee production: a systematic review. **Climatic Change**, v. 156, n. 4, p. 609–630, 1 out. 2019. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02538-y>.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RECANATESI, F.; CLEMENTE, M.; GRIGORIADIS, E.; RANALLI, F.; ZITTI, M.; SALVATI, L. A Fifty-Year Sustainability Assessment of Italian Agro-Forest Districts. **Sustainability**, v. 8, n. 1, p. 32, dez. 2015. <https://doi.org/10.3390/su8010032>

Revelle, W. (2022) psych: Procedures for Personality and Psychological Research, Northwestern University, Evanston, Illinois, USA, <https://CRAN.R-project.org/package=psych> Version = 2.2.9.

ROCHA, J.A.B.; FREITAS, J. A. de; CASSUCE, F.C. da C.; COSTA, S.M. . Análise dos determinantes da utilização de assistência técnica por agricultores familiares do Brasil em 2014. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 2, p. 181-197, 2019.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura. **Annablume Editora**, 1998.

ROSA, B. T.; BORGES, L.A.C.; PEREIRA, S.P.; ANTONIALLI, L. M.; CHALFOUN, S.M.; BALIZA, D.P. Estudo sobre Boas Práticas Agrícolas em uma associação de

Cafeicultores familiares por meio da análise de clusters. **Coffee Science**. v.12, n.1, 2017.

RYAN, M.; HENNESSY, T.; BUCKLEY, C.; DILLON, E.; DONNELLAN, T.; HANRAHAN, K.; MORAN, B. Developing farm-level sustainability indicators for Ireland using the Teagasc National Farm Survey. **Teagasc.ie**, v 55, p. 112-125. 2016. <https://doi.org/2009-9029>

SAAD, A.M.; SALEM, H.M.; TAHAN, A.M.; SAADONY, M.T.; ALOTAIBI, S.S.; SHEHAWI, A.M.; MAGEED, T.A.A.; TAHA, A.E.; ALKAHTANI, M.A.; AHMED, A.E. Biological control: an effective approach against nematodes using black pepper plants (*piper nigrum* L.). **Saudi Journal Of Biological Sciences**, v. 29, n. 4, p. 2047-2055, abr. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.01.004>.

SASSENATH, G.F.; SCHNEIDER, J.M.; GAJ, R.; GRZEBISZ, W.; HALLORAN, J.M. Nitrogen balance as an indicator of environmental impact: Toward sustainable agricultural production. **Renewable Agriculture And Food Systems**, v.28, n.3, p.276-289, may. 2012. <https://doi.org/10.1017/S1742170512000166>.

SCHMIDT, R.; SILVA, L.O.E.; FERREIRA, A.; GONTIJO, I.; GUIMARÃES, R.J.; RAMALHO, J.C.; PARTELLI, F.L. Variability of Root System Size and Distribution among *Coffea canephora* Genotypes. **Agronomy**, v. 12, n. 3, p. 647, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030647>

Sebastien Le, Julie Josse, Francois Husson (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18. [10.18637/jss.v025.i01](https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01)

SHEN, S.; BASIST, A.; HOWARD, A. Structure of a digital agriculture system and agricultural risks due to climate changes. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, n. 1, p. 42-51, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2010.09.006>.

SILVA, I.; LIMA, I.D.M.; VENTURA, J.; COSTA, H.; dos SANTOS, E.P.; da ROCHA, T.T.T. Nematoides: um risco para a cafeicultura capixaba. 2022.

SILVA, J. G. F.; FILGUEIRAS, G. C.; MENEZES, A. J. E. A.; CARVALHO, A. C.; HOMMA, A. K. O. **A perspectiva do mercado da pimenta-do-reino no Brasil e no mundo**. 2022.

SILVA, J.V.B.D., ROSANO, P.C., MARTINS, M.M.V., TAVARES, R.C.; SILVA, P.H.B.D. Ecoeficiência da produção agropecuária na Amazônia brasileira: fatores determinantes e dependência espacial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, 2021. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.250907>

SOUZA, P.M.; FORNAZIER, A.; PONCIANO, N.J. Distribuição espacial da produção agropecuária do estado do espírito santo: uma análise dos segmentos familiar e não familiar. **Revista Ifes Ciência**, v. 6, n. 4, p. 78-91, 2020. [doi.10.36524/ric.v6i4.775](https://doi.org/10.36524/ric.v6i4.775).

STYLIANOU, Andreas; SDRALI, Despina; APOSTOLOPOULOS, Constantinos D. Integrated sustainability assessment of divergent mediterranean farming systems: Cyprus as a case study. **Sustainability**, v. 12, n. 15, p. 6105, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12156105>

SUN, H.; LI, X.; LI. The nexus between credit channels and farm household vulnerability to poverty: Evidence from rural China. **Sustainability**, v. 12, n. 7, p. 3019, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12073019>

TREMACOLDI, Célia Regina. **Principais doenças fúngicas da pimenteira-do-reino no Estado do Pará e recomendações de controle**. 2010.

VAN CAUWENBERGH, N.; BIALA, K.; BIELDERS, C.; BROUCKAERT, V.; FRANCHOIS, L.; GARCIA CIDAD, V.; HERMY, M.; MATHIJS, E.; MUYS, B.; REIJNDERS, J.; SAUVENIER, X.; VALCKX, J.; VANCLOOSTER, M.; VAN DER VEKEN, B.; WAUTERS, E.; PEETERS, A. SAFE—A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 120, n. 2-4, p. 229-242, mai, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.09.006>

VENANCIO, L. P.; FILGUEIRAS, R.; MANTOVANI, E. C.; DO AMARAL, C. H.; DA CUNHA, F. F.; DOS SANTOS SILVA, F. C.; ALTHOFF, D.; DOS SANTOS, R. A.; CAVATTE, P. C. Impact of drought associated with high temperatures on Coffea canephora plantations: a case study in Espírito Santo State, Brazil. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 19719, 12 nov. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76713-y>.

VIDAL, Maria de Fátima. Evolução do cultivo de pimenta-do-reino na área de atuação do BNB. 2020.

VIEIRA J, J.R.; FERNANDES, C.D.F.; RUDNICK, V.D.S.; ROCHA, R.; RAMALHO, A.; MATOS, S.; ...de CARVALHO, J.A. **Rhizoctoniose x fusariose x roseliniose do cafeeiro: saiba diferenciar para melhor manejar**. 2015.

VINHA, M.; COSTA, N.; LIMA, I.D.M.; ANTUNES, P.; CASSINI, S.; COSTA, N. S., ... CASSINI, S.T.A. Influência do processo de secagem na qualidade microbiológica da pimenta-do-reino. Vitória, ES. **Incaper**, 2022.

VYAS, S.; DALHAUS, T.; KROPFF, M.; AGGARWAL, P.; MEUWISSEN, M, P. Mapping global research on agricultural insurance. **Environmental Research Letters**, v. 16, n. 10, p. 103003, 2021. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac263d>

ZAMPIERI, F.G.; SOUZA, M.N.; FONSECA, R.A.; CARVALHO, S.L.; DA SILVA, S.M.A.A.; FORNAZIER, M.L.; ZAMPIERI, F. Educação ambiental na cafeicultura agroecológica: ferramenta de transformação e promoção da sustentabilidade. **Mérida Publishers**. 2021. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-991393-9-0.c1>.

ZANDONADI, C.U.; VIÇOSI, D.B.; FONTAN, A.M.M.; FERREIRA, C.C.; ALIXANDRE, F.T.; KROHLING, C.A.; ROSSI, V.S.; PAULA, E.; VERDIN F.A.C.; FORNAZIER, M.L. Assessing the sustainability of Arabica coffee-growing householders in the Montanhas do Espírito Santo' geographic indication region, Brazil: an integrated case study. **Research, Society And Development**, v. 11, n. 11, p. 1-16, 28 ago. 2022. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33880>.

ZEWELD, W.; VAN HUYLENBROECK, G.; TESFAY, G.; SPEELMAN, S. Intenções comportamentais de pequenos agricultores em relação a práticas agrícolas sustentáveis. **Jornal de gestão ambiental**, v. 187, p. 71-81, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.014>.

## 2.2.8 Apêndices

## Apêndice A. Roteiro de avaliação e literatura de apoio.

	Atributos	Critérios (variáveis)	Descritores	Literatura apoio
Dimensão econômica	Estrutura da exploração em hectare*.	Área total	Hectare	Zhen et al. (2005) Altieri (1994)
		Área cultivada		
		Área <i>Coffea canephora</i>		
		Área <i>Piper nigrum</i> L.		
	Produção das culturas*.	<i>Coffea canephora</i>	Sacas por hectare	Nambiar et al. (2001)
		<i>Piper nigrum</i> L.	Quilos secos por hectare	
	Diversificação econômica	Canais de comercialização	Exportadora ( ) Cooperativa ( ) Maquinistas ( )	Almeida et al. (2020)
		Mão de obra	Familiar ( ) Familiar e contratada ( ) Contratada	Zhen et al. (2006)
		Renda exclusiva da propriedade	Sim ( ) Não ( )	Zham et al. (2008)
	Gestão financeira	Contabilidade financeira	Escala Likert 5 pontos	Herzog et al. (2020)
		Controle de notas fiscais e recibos		
		Progreso patrimonial	Aumentou ( ) Manteve ( ) Diminuiu	Herzog et al. (2020)
		Progreso financeiro	Aumentou ( ) Manteve ( ) Diminuiu	
	Estabilidade financeira	Prejuízo financeiro por fator biótico	Sim ( ) Não ( )	Gómez-Limón e Sanchez-Fernandez (2010) Herzog et al. (2020)
		Risco de seca durante o ano	Sem risco ( ) Uma vez ( ) Duas vezes ( )	
		Acesso a crédito bancário	Escala Likert 5 pontos	
Seguridade	Seguro intempérie	Sim ( ) Não ( )	Gómez-Limón e Sanchez-Fernandez (2010)  Herzog et al. (2020)	
	Seguro patrimonial			
	Seguro de vida			
Identificação do imóvel rural	Georreferenciamento do INCRA	Sim ( ) Não ( )	Brasil (2001)	
Boas Práticas agrícolas	Mudas certificadas; Produtos recomendados para as culturas; Variedades resistentes a pragas e doenças; Monitoramento preventivo de pragas e doenças; Colheita no ponto de maturação recomendado; Transporte da produção para o processamento; Repasse e varrição pós colheita; Acesso de animais doméstico na lavoura; Desinfecção de implementos agrícolas;	Sim ( ) Não ( ) *Para cada critério	Mapa (2020) Filgueira et al. (2014) De Muner et al. (2020)	

		Quebra vento		
Dimensão ambiental	Manejo hídrico	Recurso hídrico para a irrigação	Reservatório da nascente ( ) Poço artesiano ( ) Rio ( ) Córrego	Zhen et al. (2006)
		Tipo de irrigação.	Gotejamento ( ) Microaspersão ( ) Aspersão ( ) Canhão ( ) Pivô	Tavares et al. (2015)
	Proteção ambiental	Área de Preservação Permanente reserva legal ou reflorestamento	Sim ( ) Não	Brasil (2012)
		Cadastro Ambiental Rural	Sim ( ) Não ( )	Brasil (2012)
	Práticas conservacionistas	Controle de queimadas; Adubação química; Adubação orgânica; Adubação verde; Calagem; Consórcio entre culturas; Plantio direto (sulcador somente na linha de plantio). Alternância entre capinas; Fertirrigação	Sim ( ) Não ( ) *Para cada critério	Zonta et al. (2012)  Zhen et al. (2006)
		Período de irrigação	Manhã ( ) Dia ( ) Tarde ( ) Noite	
	Balanço nutricional	Análise do solo	6- 6 meses ( ) 12- 12 meses ( ) Acima de 12 meses ( ) Não faz ( )	Herzog et al. (2020)
		Análise foliar		
	Gestão fitossanitária	Controle biológico	Escala Likert 5 pontos	Picanço (2010) Gravena (1992)
		Monitoramento de nematoide no solo		
Monitoramento de nematoide nas mudas				
Manuseio de agrotóxicos	Uso de Equipamentos de Proteção Individual	Sim ( ) Não ( )	Mapa (2020)  Brasil (1989)	
	Descarte correto de embalagens fitossanitárias			
Dimensão social	Consciência ecológica	Conceito de sustentabilidade	Definição de acordo com o TBL Sim ( ) Não ( )	Estevam (2017)
		Privação para melhorar a sustentabilidade	Falta de acesso à informação ( ) Falta de assistência técnica ( ) Falta de recurso financeiro ( ) Problemas com a saúde ( ) Nenhum ( )	De Souza et al. (2016) Estevam (2017)
	Participação em organizações	Participa em sindicatos ou associações de produtores rurais.	Sim ( ) Não ( )	Almeida et al. (2020)
	Escolaridade	Nível educacional	Fundamental in. ( ) Fundamental com. ( ) Médio in. ( ) Médio Com. Superior in. ( ) Superior com. ( )	Dantsis et al. (2010)
	Qualidade de vida	Consultas médicas	Escala Likert 5 pontos	Sydorovych e Wossink (2008)
		Intoxicações por fitossanitários. Acesso rodoviário		
Assistência técnica	Assistência técnica pública	Escala Likert 5 pontos	Herzog et al. (2020)	
	Assistência técnica privada			

	Visão de futuro	Permanência na agricultura	Escala Likert 5 pontos	De Souza et al. (2016)
		Sucessor familiar.	Sim ( ) Não ( )	

### Artigos e documentos de referência

ALMEIDA, M. S., CUNHA, M. B. M., PAZ, J. A. A. DA S., & SILVESTRE, F. E. R. Sustentabilidade de agroecossistemas: estudo de caso em propriedades rurais no maciço de Baturité/CE. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 25, n. 2, p. e2292252020, 2020. <https://doi.org/10.12661/pap.2020.01>.

**Boas Práticas Agrícolas**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/boas-praticas-agricolas>.

BRASIL. **Lei no 10.267, de 28 de agosto de 2001**. Dispõe sobre o direito registral imobiliário e o georreferenciamento. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2001.

BRASIL. **Lei nº 12.727, de outubro de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília: Diário Oficial da União, 2012.

BRASIL. **Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012.

DANTSIS, T.; DOUMA, C.; GIOURGA, C.; LOUMOU, A.; POLYCHRONAKI, E. A methodological approach to assess and compare the sustainability level of agricultural plant production systems. **Ecological Indicators**, v. 10, n. 2, p. 256–263, mar. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.05.007>.

DE MUNER, L. H.; FERRÃO, M.; FORNAZIER, M.; VERDIN FILHO, A. C.; ALIXANDRE, F.; KROHLING, C. (2020). **Cafecultura sustentável: boas práticas agrícolas para o café arábica**.

DE SOUZA G., A.; DE FRANÇA GUIMARÃES, N.; CUNHA, C.; DE PAULA SANTOS, R. D.; CARVALHO, E. M. Indicadores da sustentabilidade de uma propriedade rural de base familiar no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 3, p. 104-114, 2016. <https://doi.org/10.18378/rvads.v11i3.4149>

ESTEVAM, Bread Soares. Da crise ambiental ao despertar da consciência ecológica: Diálogos entre a História Ambiental e a Educação Ambiental. **Revista do Lhiste-Laboratório de Ensino de História e Educação**, v. 4, n. 6, 2017.

FILGUEIRA DE LEMOS, O.; REGINA, C.; MARLI, Tremacoldi; et al. **Boas práticas agrícolas para aumento da produtividade e qualidade da pimenta-do-reino no Estado do Pará**.

GÓMEZ-LIMÓN, J.A.; SANCHEZ-FERNANDEZ, G. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. **Ecological economics**, v. 69, n. 5, p. 1062-1075, mar. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.027>

GRAVENA, SANTIN. **Controle Biológico no Manejo Integrado de Pragas**. 1992.



NAMBIAR M.; GUPTA P.; FU. Q.; LI S. Biophysical, chemical and socio-economic indicators for assessing agricultural sustainability in the Chinese coastal zone, **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 87, n. 2, p. 209–214, nov. 2001. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00279-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00279-1)

PICANÇO, Marcelo Coutinho; GONRING, A. H. R.; OLIVEIRA, IR de. Manejo integrado de pragas. **Viçosa, MG: UFV**, 2010.

SYDOROVYCH, O.; WOSSINK, A. The meaning of agricultural sustainability: Evidence from a conjoint choice survey. **Agricultural Systems**, v. 98, n. 1, p. 10–20, jul. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2008.03.001>

TAVARES, J. D. S.; TASSIGNY, M. M.; OLIVEIRA, A.; BIZARRIA, F. D. A.; TEIXEIRA, R. Irrigação e Sustentabilidade: estudo de caso do perímetro irrigado Jaguaribe-Apodi sob a ótica do Triple Bottom Line. **Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente–ENGEMA, 2015.**

ZHAM, F.; VIAUX, P.; VILAIN, L.; GIRARDIN, P.; MOUCHET, C. Assessing farm sustainability with the IDEA method from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms, **Sustainable Development**, v. 16, n. 4, p. 271–281, jul. 2008. <https://doi.org/10.1002/sd.380>

ZHEN, L.; ROUSTRAY, J.; ZOEBISCH, M.; CHEN, G.; XIE, G.; CHENG, S. Three dimensions of sustainability of farming practices in the North China Plain. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 105, n. 3, p. 507–522, fev. 2005. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.07.012>

ZONTA, J. H., SOFIATTI, V.; COSTA, A. G. F.; SILVA, O. R. R. F.; BEZERRA, J. R. C.; DA SILVA, C. A. D.; ... & BARBOSA, H. F. (2012). **Práticas de conservação de solo e água.**

## Apêndice B. Questionário de campo.

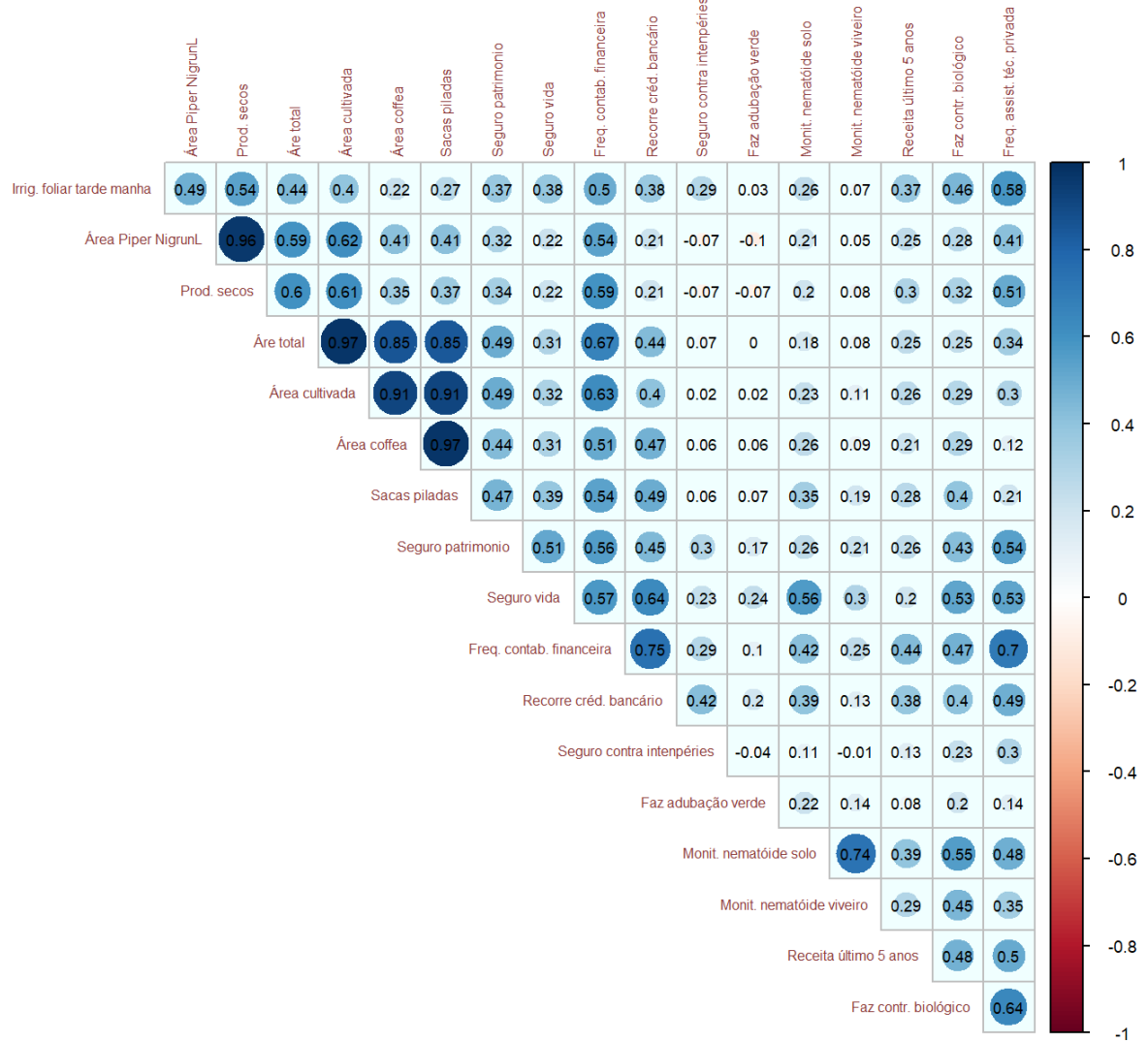
### QUESTIONÁRIO

DATA: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Coordenadas GPS \_\_\_\_\_

Produtor número: \_\_\_\_\_ CAR: Sim ( ) Não ( )  
Assinatura da pesquisadora \_\_\_\_\_

- 01) Em qual distrito sua propriedade está localizada? \_\_\_\_\_
- 02) Qual o tamanho total da sua propriedade em hectare? \_\_\_\_\_
- 03) Quantos hectares estão sendo cultivados atualmente? \_\_\_\_\_
- 04) Qual a PRIMEIRA e qual a SEGUNDA atividade econômica da sua propriedade?  
( ) Café conilon  
( ) Pimenta-do-reino
- 05) Quantos hectares plantados da PRINCIPAL atividade econômica? \_\_\_\_\_
- 06) Qual a produção anual por hectare da PRINCIPAL atividade econômica? \_\_\_\_\_
- 07) Quantos hectares plantados da SEGUNDA atividade econômica? \_\_\_\_\_
- 08) Qual a produção anual por hectare da SEGUNDA atividade econômica? \_\_\_\_\_
- 09) Onde você comercializa sua produção?  
( ) Exportadores  
( ) Cooperativas  
( ) Maquinistas
- 10) Qual a principal mão-de-obra empregada na produção?  
( ) Familiar  
( ) Familiar e contratada  
( ) Contratada
- 11) Com que frequência você faz contabilidade financeira?  
( ) Sempre  
( ) Frequentemente  
( ) Eventualmente  
( ) Raramente  
( ) Nunca
- 12) Nos últimos 5 anos, teve algum prejuízo na renda por causa de pragas e doenças na lavoura?  
( ) Sim  
( ) Não
- 13) Com que frequência você tem acesso à crédito bancário?  
( ) Sempre  
( ) Frequentemente  
( ) Eventualmente  
( ) Raramente  
( ) Nunca
- 14) Qual seu maior nível de formação acadêmica?  
( ) Fundamental Incompleto  
( ) Fundamental  
( ) Médio Incompleto  
( ) Médio  
( ) Superior Incompleto  
( ) Superior
- 15) Com qual frequência faz consultas médicas?
- 24) Qual o principal obstáculo para melhorar a sustentabilidade na sua propriedade?  
( ) Falta de recursos financeiros  
( ) Falta de assistência técnica  
( ) Problemas com a saúde  
( ) Falta acesso à informação  
( ) Nenhum
- 25) Quais práticas de conservação do solo e água você adota em sua propriedade?  
( ) Controle de queimadas  
( ) Adubação química  
( ) Adubação orgânica  
( ) Calagem  
( ) Consórcio entre culturas  
( ) Adubação verde  
( ) Plantio direto (somente com o sulcador na linha de plantio)  
( ) Alternância entre capinas  
( ) Fertilização  
( ) Irriga sempre no período noturno ou início da manhã
- 26) Quais as técnicas de produção são adotadas em sua propriedade?  
( ) Sempre usa mudas de viveiro certificado  
( ) Sempre utiliza fitossanitários, fertilizantes e afins recomendados para as culturas  
( ) Sempre usa variedade tolerante a pragas e doenças  
( ) Sempre faz monitoramento preventivo de pragas e doenças  
( ) Sempre faz a colheita no ponto de maturação recomendado  
( ) Sempre faz o transporte da produção até a unidade de processamento no mesmo dia da colheita.  
( ) Sempre realiza o repasse e a variação das lavouras após a colheita  
( ) Os animais domésticos tem livre acesso as lavouras  
( ) Sempre desinfeta os implementos agrícolas  
( ) Tem quebra vento em áreas que acometem fortes ventos.
- 27) Com que frequência você faz análise do solo?  
( ) De 6 em 6 meses  
( ) De 12 em 12 meses  
( ) Acima de 12 meses  
( ) Não faz
- 28) Com que frequência você faz análise química das folhas?  
( ) De 6 em 6 meses  
( ) De 12 em 12 meses  
( ) Acima de 12 meses  
( ) Não faz
- 29) Qual o risco de seca durante o período de um ano em sua propriedade?  
( ) Sem risco  
( ) 1 vez  
( ) 3 vezes  
( ) 2 vezes  
( ) Acima de 3 vezes
- 30) Em sua propriedade existe área de preservação?  
( ) APP  
( ) Reserva legal  
( ) Não
- 31) Qual(is) principal(is) sistema(s) de irrigação de sua propriedade?
- 40) A propriedade possui certificação de georreferenciamento realizado exclusivamente pela Incra?  
( ) Sim  
( ) Não
- 41) Nos últimos 5 anos, a receita (capital \$) obtida na propriedade  
( ) Aumentou  
( ) Manteve-se  
( ) Reduziu
- ( ) Sempre  
( ) Frequentemente  
( ) Eventualmente  
( ) Raramente  
( ) Nunca
- 16) Ocorrência de intoxicação por fitossanitários (agrotóxicos) nos últimos 5 anos?  
( ) Sempre  
( ) Frequentemente  
( ) Eventualmente  
( ) Raramente  
( ) Nunca
- 17) Possui algum tipo de seguro?  
( ) Seguro de vida  
( ) Seguro intempéries  
( ) Seguro patrimonial  
( ) Não
- 18) Recebe assistência técnica pública?  
( ) Sempre  
( ) Frequentemente  
( ) Eventualmente  
( ) Raramente  
( ) Nunca
- 19) Recebe assistência técnica privada?  
( ) Sempre  
( ) Frequentemente  
( ) Eventualmente  
( ) Raramente  
( ) Nunca
- 20) Quanto ao acesso rodoviário a sua propriedade, ele é?  
( ) Ótimo  
( ) Bom  
( ) Regular  
( ) Ruim  
( ) Péssimo
- 21) Pretende continuar na agricultura?  
( ) Sempre  
( ) Frequentemente  
( ) Eventualmente  
( ) Raramente  
( ) Nunca
- 22) Em caso de aposentadoria, invalidez ou morte, você possui sucessor familiar?  
( ) Sim  
( ) Não
- 23) Para você, qual a melhor definição de sustentabilidade?  
( ) Uso racional dos recursos naturais  
( ) Reflorestamento de áreas degradadas  
( ) Economizar água  
( ) Reciclagem de materiais  
( ) Usufruir dos recursos naturais presentes no planeta sem comprometer as próximas gerações  
( ) Gotejamento  
( ) Microaspersão  
( ) Aspersão  
( ) Canhão  
( ) Pivô  
( ) Nenhuma das opções
- 32) Sobre o manuseio com produtos fitossanitários  
( ) Usa parcialmente os equipamentos de segurança  
( ) Usa somente em algumas ocasiões  
( ) Não usa equipamentos de segurança
- 33) Com que frequência você monitora os nematoides do solo?  
( ) Sempre  
( ) Frequentemente  
( ) Eventualmente  
( ) Raramente  
( ) Nunca
- 34) Com que frequência você monitora os nematoides nas mudas?  
( ) Sempre  
( ) Frequentemente  
( ) Eventualmente  
( ) Raramente  
( ) Nunca
- 35) Com que frequência você usa controle biológico?  
( ) Sempre  
( ) Frequentemente  
( ) Eventualmente  
( ) Raramente  
( ) Nunca
- 36) Sobre o descarte de embalagens fitossanitárias  
( ) Devolve as embalagens vazias ao estabelecimento onde comprou  
( ) Guarda no galpão  
( ) Usa para outros fins  
( ) Queima  
( ) Descarta na lavoura
- 37) Qual(is) a(s) fonte(s) de água para a irrigação de sua propriedade?  
( ) Poço artesiano  
( ) Reservatório de água da nascente  
( ) Rio  
( ) Córrego  
( ) Nenhuma das opções
- 38) Com que frequência você guarda notas fiscais e recibos?  
( ) Sempre  
( ) Frequentemente  
( ) Eventualmente  
( ) Raramente  
( ) Nunca
- 39) sua renda é exclusiva da produção agrícola?  
( ) Sim  
( ) Não
- 42) Nos últimos 5 anos, o seu patrimônio?  
( ) Aumentou  
( ) Manteve-se  
( ) Reduziu
- 43) Participa de alguma organização abaixo?  
( ) Sindicato  
( ) Cooperativa  
( ) Associação de produtores rurais  
( ) Não

### Apêndice C. Matriz de correlação das 21 variáveis remanescentes.



**Apêndice D. Escores - índices globais e comparativos de sustentabilidade.**

<b>Economia produção Tec</b>	<b>Manejo sanitario bio</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>Meio Ambiente</b>	<b>Prop</b>	<b>Distritos</b>
923.000	14881.250	2.2	2.8	P1	Itauninhas
188.000	3252.750	2.0	2.6	P2	Sao_Mateus
34.125	1501.875	1.0	1.0	P3	Nestor_Gomes
57.625	401.250	1.8	1.8	P4	Itauninhas
182.250	1601.000	1.2	1.2	P5	Nestor_Gomes
70.500	2501.250	1.2	1.2	P6	Itauninhas
52.000	3902.250	1.2	2.2	P7	Nestor_Gomes
440.750	2002.250	2.8	3.0	P8	Itauninhas
786.500	17506.500	2.6	2.4	P9	Nestor_Gomes
96.250	4001.750	1.4	1.6	P10	Sao_Mateus
136.750	6252.500	1.2	1.8	P11	Nestor_Gomes
170.250	9004.000	1.8	1.8	P12	Sao_Mateus
525.500	6503.500	2.6	2.6	P13	Barra_Nova
415.250	2502.000	2.8	2.6	P14	Sao_Mateus
463.500	751.500	1.8	1.4	P15	Sao_Mateus
147.250	1251.500	1.4	1.4	P16	Barra_Nova
418.750	3753.000	2.0	2.8	P17	Nestor_Gomes
417.000	15004.750	1.2	2.0	P18	Nestor_Gomes
134.000	3126.750	2.6	1.2	P19	Nova_Verona
1126.750	4502.000	1.2	2.6	P20	Sao_Mateus
43.125	751.000	1.0	1.0	P21	Nestor_Gomes
30.250	17506.000	1.6	1.6	P22	Sao_Mateus
155.375	751.000	1.4	1.6	P23	Barra_Nova
105.250	1051.000	1.8	1.0	P24	Sao_Mateus
183.000	2127.250	1.6	2.2	P25	Sao_Mateus
31.500	7003.000	1.2	1.2	P26	Sao_Mateus
28.875	4251.500	1.0	1.0	P27	Itauninhas
53.675	1751.250	1.6	1.4	P28	Barra_Nova
258.250	5002.750	3.0	2.4	P29	Sao_Mateus
180.250	750.750	1.2	1.0	P30	Sao_Mateus
137.000	4253.000	1.4	3.0	P31	Sao_Mateus
104.875	2502.250	1.6	1.2	P32	Nestor_Gomes
262.500	12504.000	1.6	2.6	P33	Nestor_Gomes
94.750	6252.500	2.2	2.2	P34	Sao_Mateus
131.500	4252.000	1.2	1.4	P35	Sao_Mateus
235.250	8753.500	2.6	2.6	P36	Itauninhas
181.375	3001.625	2.0	1.2	P37	Itauninhas
85.875	2751.375	2.2	1.0	P38	Itauninhas
66.500	1751.000	1.0	1.0	P39	Nestor_Gomes
337.750	5003.000	2.4	2.6	P40	Barra_Nova
246.250	4502.500	2.4	1.4	P41	Sao_Mateus
55.375	250.625	1.0	1.0	P42	Nova_Verona
53.375	500.875	1.0	1.0	P43	Nova_Verona
134.625	1001.000	1.0	1.0	P44	Barra_Nova
242.000	4251.500	1.2	2.0	P45	Nova_Verona
315.750	3001.750	1.4	2.2	P46	Nova_Verona
1907.500	8753.500	2.6	2.8	P47	Itauninhas
238.750	375.625	1.0	1.8	P48	Nova_Verona
260.000	3752.750	1.6	1.8	P49	Nova_Verona
128.625	1676.375	2.0	1.4	P50	Barra_Nova

## Apêndice E. Scrip-R: Análise multivariada

```
## direcionando para o diretório de trabalho:
```

```
setwd("C:/Users/scien/Dropbox/Projeto Mestrado Thais ufes/Analise")
```

```
## procedimento para baixar das bibliotecas necessária:
```

```
pkg <- c("psych", "corrplot", "dplyr", "ggplot2", "cluster",
        "FactoMineR", "factoextra", "polycor", "RColorBrewer",
        "parameters", "see", "rcompanion")
sapply(pkg, require, character.only=TRUE)
```

```
## importando os dados originais
```

```
Dados_Total <- read.table("DadosCorretosVar.txt",
                          row.names=1,
                          header= TRUE)
```

```
## Visualizando a base de dados
```

```
str(Dados_Total) # resumo geral dos dados
head(Dados_Total) # checando a parte inicial dos dados
tail(Dados_Total) # Checando a parte final dos dados
```

```
## Análise exploratória dos dados
```

```
# Nota: inicialmente, considerou-se para fins de análise, apenas 25/63 variáveis originais - foram eliminadas as variáveis nominais e aquelas de correlação muito baixa.
```

```
# Selecionando as 25 primeiras variáveis originais - incluindo as unidades de pesquisa
```

```
select25 <- c(1, 2:7, 9, 10, 11, 14, 17, 18, 29, 35,
             47:50, 57:62)
```

```
dados.25 <- Dados_Total[select25]
head(dados.25)
str(dados.25)
```

```
# checando a dimensão do vetor-variáveis selecionadas
```

```
cat("Dimensão dos dados: \n", dim(dados.25))
```

```
# Formatando o nomes das 25 variáveis selecionadas-renomeando adequadamente
```

```
nomes(dados.25)
```

```
nomes.25 <- c("Distritos",
             "Áre total",
             "Área cultivada",
             "Área coffea",
             "Área Piper NigrunL",
             "Sacas piladas",
             "Prod. secos",
             "Freq. faz contab. financeira",
             "Freq. guarda NF rec.",
             "Principal mão obra",
             "Freq. recorre créd bancário",
             "Seguro contra intenpéries",
             "Seguro do patrimônio",
             "Limpa ferramenta entre talhão",
             "Cadastro ambiente Rural",
             "Irriga foliar fim tarde e manhã",
             "Freq. monit. nematóide solo",
             "Freq. monit. nematóide mudas",
             "Freq. faz cont. biológico",
             "Freq. consultas médicas",
             "Freq. intoxi. Fitossanit. 5 anos",
             "Freq. assist. téc. pública",
             "Freq. assist. téc. privada",
             "Quali. acesso rodoviário",
             "Pretende cont. agricultura"
```

```
)
```

```

colnames(dados.25) <- nomes.25
head(dados.25) # visualização parcial dos dados formatados

## Avaliação da matriz correlação da base 24 variáveis + os indivíduos

## Obtendo a matriz de correlação policóricas
cor.poli.24 <- as.matrix(hetcor(dados.25[, -1],
                             ML = FALSE))
print(cor.poli.24) # visualizando a matriz de correlação

# Calculando a matriz de correlação de Pearson
mcor_24 <- cor(dados.25[, -1])
print(mcor_24)

# Opção gráfica das matrizes de correlação - 24 variáveis:

win.graph(20, 18, 11) # envoca o dispositivo gráfico

# Gráfico da matriz de correlação policóricas
corrplot(cor.poli.24,
         type = "upper",
         order = "hclust",
         tl.col = "black",
         tl.srt = 90,
         cl.cex = 0.6,
         tl.cex = 0.55, # tamanho fonte das variáveis
         #method = "color",
         method = "circle",
         addCoef.col = "black", # Add o coef de correlação
         number.cex = .47,
         number.font = 1,
         number.digits = 2,
         sig.level = 0.05,
         mar = c(0, 0, 2.5, 0),
         insig = "blank",
         # oculta o coef. de correlação da diagonal principal
         diag = FALSE,
         title = "Matriz de correlação policóricas das 24 primeiras variáveis selecionadas"
)

win.graph(20, 18, 11) # envoca o dispositivo gráfico

# Gráfico da matriz de correlação de Pearson
corrplot(mcor_24,
         type = "upper",
         order = "hclust",
         tl.col = "black",
         tl.srt = 90,
         cl.cex = 0.6,
         tl.cex = 0.5, # tamanho fonte das variáveis
         #method = "color",
         method = "circle",
         addCoef.col = "black", # Add o coef de correlação
         number.cex = .47,
         number.font = 1,
         number.digits = 2,
         sig.level = 0.05,
         mar = c(0, 0, 2.5, 0),
         insig = "blank",
         # oculta o coef. de correlação da diagonal principal
         diag = FALSE,
         title = "Matriz de correlação de Pearson das 24 primeiras variáveis selecionadas"
)

## Critério de adequação de Kaiser e teste de esfericidade de Bartlett:

## 1) Critério de Kaiser sobre as 24 variáveis:
KMO(cor.poli.24)

## 2) Teste de correlação de Bartlett com as 24 variáveis

```

```

cortest.bartlett(cor.poli.24, n = 24, diag=FALSE)

## Análise de componente principal pré-liminar com as 24 variáveis - avaliando o percentual de contribuição dos
alto valores
res.pca24 <- PCA(dados.25[, -1],
                scale.unit = TRUE,
                quanti.sup = 5, quali.sup = 1,
                graph = FALSE)

## Extrairdo/visualizando os autovalores - avaliando o percentual acumulado dos auto valores (variâncias)
(autovalores_24 <- round(res.pca24$eig[, c(1,3)],4))

## Aplicando a segunda seleção de variável com o objetivo de melhorar a adequação da matriz de correlação -
melhorando a estrutura de correlação

names(Dados_Total) # visualizando o posicionamento das variáveis para seleção

## Avaliando-se a estrutura de correlação: selecionou-se as 18 mais adequada para a PCA, totalizando 21,
considerando-se as unidades de pesquisa (posição 1) e as variáveis nominais suplementares (posição 8 e 56) da
base de dados original.
select21<- c(1:8, 9, 14, 16, 17, 18, 19, 41, 47,
            48, 49, 50, 56, 60) # incluindo as unidades de pesquisas

dados21 <- Dados_Total[select21]
str(dados21)
names(dados21)

#Obs: variáveis suplementares qualitativas: 1, 8, 20

## Atualizando os nomes das novas 21 variáveis
names(dados21)

nomes.21 <- c("Distritos",
             "Áre total",
             "Área cultivada",
             "Área coffea",
             "Área Piper NigrunL",
             "Sacas piladas",
             "Prod. secos",
             "Local comércio",
             "Freq. faz contab. financeira",
             "Freq. recorre créd bancário",
             "Receita último 5 anos",
             "Seguro contra intenpéries",
             "Seguro do patrimônio",
             "Seguro de vida",
             "Faz adubação verde",
             "Irriga foliar fim tarde e manhã",
             "Freq. monit. nematóide solo",
             "Freq. monit. nematóide mudas",
             "Freq. faz cont. biológico",
             "Maior nível acadêmico",
             "Freq. assist. téc. privada"
            )
colnames(dados21) <- nomes.21

cat("Dimensão dos dados: \n", dim(dados21))

# Analizando a estrutura de correlação das 21 variáveis sendo três suplementares - considerando apenas as 18

# Calculando a matriz de correlação
mcor21 <- cor(dados21[, -c(1, 8, 20)])

cor.poli.21 <- as.matrix(hetcor(dados21[, -c(1, 8, 20)],
                              ML = FALSE))

# Teste de correlação de Bartlett - 18 variáveis
(test.fases <- psych::cortest.bartlett(cor.poli.21, n = 18,
                                       diag = TRUE))

```

```
# Método de adequação de Kaiser-Meyer-Olkin das 21 variáveis, sendo as variáveis 1, 8 e 20 suplementares:
psych::KMO(cor.poli.21)
```

```
# Gráfico da matriz de correlação policóricas - avaliando 18 variáveis
```

```
win.graph(20, 18, 11) # envoca o dispositivo gráfico
corrplot(cor.poli.21,
  type = "upper",
  order = "hclust",
  tl.col = "black",
  tl.srt = 90,
  cl.cex = 0.6,
  tl.cex = 0.55,
  method = "circle",
  addCoef.col = "black", # Add o coef de correlação
  number.cex = .47,
  number.font = 1,
  number.digits = 2,
  sig.level = 0.05,
  mar = c(0, 0, 2.5, 0),
  insig = "blank",
  # oculta o coef. de correlação da diagonal principal
  diag = FALSE,
  title = "Matriz de correlação policóricas das 18 primeiras variáveis selecionadas"
)
```

```
# Análise de componentes principais
```

```
res.pca_21 <- PCA(dados21,
  scale.unit = TRUE,
  quali.sup = c(1, 8, 20),
  quanti.sup = NULL,
  graph = FALSE)
```

```
# Extraindo os componentes principais - avaliando as contribuições dos componentes
autovalores.21 <- round(res.pca_21$eig[, c(1,2,3)], 4)
head(autovalores.21, 8) # visualizando os oito primeiros
```

```
# Gráfico Screeplot
```

```
fviz_screepplot(res.pca_21,
  choice = "variance",
  geom = c("bar", "line"),
  barfill = "steelblue",
  barcolor = "darkblue",
  linecolor = "black",
  ncp = 8,
  addlabels = TRUE,
  main = "Scree Plot",
  ylim = c(0, 45),
  xlab = "Componentes principais",
  ylab = "Porcentagem explicada")
```

```
# Obetendo os escores com os pacotes parameters e see:
```

```
result_21 <- principal_components(
  dados21[, -c(1, 8, 20)],
  n = 4,
  rotation = "varimax",
  sort = TRUE,
  threshold = 0.25,
  standardize = TRUE)
```

```
# Resumo estatística da análise PCA via o pacote parameters
```

```
cat("Resumo geral", sep = "\n", fill = TRUE)
```

```
summary(result_21)
```

```
cat("Resultado detalhado da PCA", sep = "\n",
```





```

cat("Teste de normalidade de Shapiro-Wilk - escore 02")
shapiro.test(escores_21$Manejo_sanitario_bio)

cat("Intervalo de confiança bootstrap-percentil para o escore 02")
IC.Escore2 <- groupwiseMean(data = escores_21,
  var = "Manejo_sanitario_bio",
  group = "Distritos",
  conf = 0.95,
  traditional = FALSE,
  percentile = TRUE,
  digits = 3,
  trim = .0,
  bca = FALSE)
print(IC.Escore2)

cat("Teste de normalidade de Shapiro-Wilk - escore 03")
shapiro.test(escores_21$Prod_otimizada_pimenta)

cat("Intervalo de confiança bootstrap-percentil para o escore 03")
IC.Escore3 <- groupwiseMean(data = escores_21,
  var = "Prod_otimizada_pimenta",
  group = "Distritos",
  conf = 0.95,
  traditional = FALSE,
  percentile = TRUE,
  trim = .0,
  bca = FALSE,
  digits = 3)
print(IC.Escore3)

cat("Teste de normalidade de Shapiro-Wilk - escore 04")
shapiro.test(escores_21$Prevenção)

cat("Intervalo de confiança bootstrap-percentil para o escore 04")
IC.Escore4 <- groupwiseMean(data = escores_21,
  var = "Prevenção",
  group = "Distritos",
  conf = 0.95,
  traditional = FALSE,
  percentile = TRUE,
  trim = .0,
  bca = FALSE,
  digits = 3)
print(IC.Escore4)

# Mapa de fatores das variáveis - PCA

# Criando siglas para as variáveis - diminuir os textos da variáveis

siglaVar <- c("Distritos", "AT", "AC", "ACafe", "APNig", "Sacaspil",
  "ProdSeco", "LoCom", "ContFin", "CredBanc", "Rec5a",
  "SegIntemp", "SegPrat", "SegVida", "AbuVerde",
  "IrrFoliFimTar", "MonNemaSolo", "MonNemaVivei",
  "CtrlBio", "FormaAcad", "AssiTecPriv")
colnames(dados21) <- siglaVar

win.graph(12, 12, 12)
fviz_pca_var(res.pca_21, col.var="cos2", repel = TRUE) +
  scale_color_gradient2(low="white", mid="blue",
    high="red", midpoint=0.5) +
  ggtitle("Mapa de fatores das variáveis PAC") +
  theme(plot.title = element_text(size = 10),
    plot.subtitle = element_text(size = 20),
    axis.text.x = element_text(angle = 90, size = 8,
      hjust = 1, vjust = 1),
    axis.text.y = element_text(angle = 0, size = 8,
      hjust = 1, vjust = 1))+
  theme_minimal()

```

```

## Gráfico contribuição ou mapas de indivíduos

win.graph(12, 12, 12)

fviz_pca_ind(res.pca_21, col.ind = "contrib",
             pointshape = 21, fill = "#E7B800",
             repel = TRUE,
             legend.title="Contrib.") +
  scale_color_gradient2(low="white", mid="blue",
                       high="red", midpoint=0.50) +
  ggtitle("Mapa fatorial dos indivíduos - PAC") +
  theme_minimal()

win.graph(12, 12, 11)
# Contribuições de escores para PC1-2

fviz_contrib(res.pca_21, choice = "ind",
             axes = c(1,2))+
  theme_minimal()+
  labs(x = "Propriedades rurais",
       y = "Contribuições (%)")+
  theme(
    axis.text.x = element_text(size = 8,
                               angle = 90, vjust = 0.5))+
  ggtitle("Contribuição dos indivíduos - Dim.1-2")

# Contribuições de escores para PC3-4

fviz_contrib(res.pca_21, choice = "ind",
             axes = c(3,4))+
  theme_minimal()+
  labs(x = "Propriedades rurais",
       y = "Contribuições (%)")+
  theme(
    axis.text.x = element_text(size = 8,
                               angle = 90, vjust = 0.5))+
  ggtitle("Contribuição dos indivíduos - Dim.3-4")

## Análise de agrupamento - dendrograma

df_cluster <- dados21[, -c(1, 8, 20)]
df.21 <- scale(df_cluster)

# Calculando agrupamento hierarquicos k-means
f.21_hk <- hkmeans(df.21, k = 4)
set.seed(1246)
f.21_km <- kmeans(df.21, 4)

## Dendrograma
win.graph(12, 12, 11)
fviz_dend(f.21_hk,
          main = "Dendrograma das propriedades rurais",
          xlab = "",
          k = 4,
          h = NULL,
          cex = .65,
          ylab = "Altura",
          #ylim =c(-2,25),
          ggtheme = theme_classic()
)

```

## Apêndice F. Análise espacial: gerando mapas dos 4 escores

```

## Baixando os pacotes necessário para a análise espacial
pkg_sp <- c("sp", "gridExtra", "RColorBrewer", "dplyr")
sapply(pkg_sp,require, character.only=TRUE)

## Direcionando para o diretório de trabalho
setwd("D:/Projeto Thais Ufes 2022/Analise/Análise Espacial")

## Importando a base de dados espacial - lat long
escores_sp <- read.table("CoordEscores21.txt", header = TRUE)
head(escores_sp)

## Gerando o data frame data frame sp
df_sp <- data.frame(escores)

str(df_sp) # resumos dos dados

# Transformando para utm
df.coord.utm = SpatialPoints(cbind(df_sp$Lat, df_sp$Long),
                             proj4string = CRS("+proj=longlat"))

## SIRGAS2000, utm 24S (EPSG:31984), metros
coord.UTM <- as.data.frame(spTransform(coord.dec,
                                       CRS("+init=epsg:31984")))

## Inserindo as coordenadas utm na base de dados
df_sp$X.utm <- coord.UTM$coords.x1
df_sp$Y.utm <- coord.UTM$coords.x2

str(df_sp) # visualizando o resumo dos dados espaciais

# criando objetos espaciais

pontos.sp = SpatialPoints(cbind(df_sp$Lat, df_sp$Long))

# Verificando as classes dos objetos
class(df_sp)
class(pontos.sp)

## Visualizando/checando as coordenadas utm
win.graph(12,12,11)
plot(pontos.sp, pch=21, col="blue", cex=.9)

## Gerando um data frame com atributo espacial ponto
pontos.spdf = SpatialPointsDataFrame(pontos.sp, df_sp)
class(pontos.spdf) # checando a classe

## Checando as coordenadas do objeto espacial - data frame
win.graph(12,12,11)
plot(pontos.spdf, pch=3, col="blue", cex=.85)

## criando uma matriz de coordenadas lat-long
pontosLatlong <- cbind(pontos.sp@coords[,1],
                     pontos.sp@coords[,2])
pontosLatlong

## Criando um vetor com as siglas das 50 propriedades
prop <- as.vector(df_sp$Propriedade)
print(prop) # visualizando

## Gerando uma paleta de cor para geração dos mapas
paleta.cor <- brewer.pal(n = 7, name = "OrRd")

## Formatando os textos a serem exibidos (text1, text2, text3, text4) nos mapas
text1 <-list("sp.text", coordinates(pontosLatlong),
            df_sp$Propriedade, col = "black", font = 1,
            cex = .7, alpha = .75, offset = 1, pos = NULL,

```

```

adj = c(-0.2, 1.5))

## Gerando o mapa do escore produção-tecnologia

win.graph(12,12,11)
sp1 <- spplot(pontos.spdf["Comp1"],
  col.regions = paleta.cor,
  cex = sqrt(1:5),
  edge.col='black', scales=list(draw = TRUE),
  xlab = "Latitude", ylab="Longitude",
  auto.key = list(space = "right",
    title = "Classes",
    cex.title = 1.1,
    columns = 1),
  sp.layout = list(text1 ),
  key.space = 'right',
  par.settings = list(fontsize = list(text = 8)),
  #main = "Score 01 - Produção"
)

print(sp1)

## Gerando o mapa do escore controle sanitário

text2 <-list("sp.text", coordinates(pontosLatlong),
  df_sp$Propriedade, col = "black", font = 1,
  cex = .65, alpha = .75, offset = 1, pos = NULL,
  adj = c(0.2, 1.8))

win.graph(12,12,11)
sp2 <- spplot(pontos.spdf["Comp2"],
  col.regions = paleta.cor,
  cex = sqrt(1:5),
  edge.col='black', scales=list(draw = TRUE),
  xlab = "Latitude", ylab="Longitude",
  auto.key = list(space = "right",
    title = "Classes",
    cex.title = 1.1,
    columns = 1),
  xlim = c(-40.4,-39.81),
  ylim = c(-19.02, -18.47),
  sp.layout = list(text2 ),
  key.space = 'right',
  par.settings = list(fontsize = list(text = 8)),
  #main = "Score 02 - Controle sanitário"
)

print(sp2)

## Gerando o mapa do escore produção otimizada da pimenta

text3 <-list("sp.text", coordinates(pontosLatlong),
  df_sp$Propriedade, col = "black", font = 1,
  cex = .65, alpha = .75, offset = 1, pos = NULL,
  adj = c(1.3, -.7))

win.graph(12,12,11)
sp3 <- spplot(pontos.spdf["Comp3"],
  col.regions = paleta.cor,
  cex = sqrt(1:5),
  edge.col='black', scales=list(draw = TRUE),
  xlab = "Latitude", ylab="Longitude",
  auto.key = list(space = "right",
    title = "Classes",
    cex.title = 1.1,
    columns = 1),
  xlim = c(-40.42,-39.81),
  ylim = c(-19.02, -18.47),

```

```

    sp.layout = list(text3),
    key.space = 'right',
    par.settings = list(fontsize = list(text = 8)),
    #main = "Score 03 - Produção otimizada de pimenta"
)

print(sp3)

## Gerando o mapa do escore prevenção

text4 <-list("sp.text", coordinates(pontosLatlong),
            df_sp$Propriedade, col = "black", font = 1,
            cex = .65, alpha = .75, offset = 1, pos = NULL,
            adj = c(1.3, -.7))

win.graph(12,12,11)
sp4 <- splot(pontos.spdf["Comp4"],
            col.regions = paleta.cor,
            cex = sqrt(1:5),
            edge.col='black', scales=list(draw = TRUE),
            xlab = "Latitude", ylab="Longitude",
            auto.key = list(space = "right",
                            title = "Classes",
                            cex.title = 1.1,
                            columns = 1),
            xlim = c(-40.42,-39.81),
            ylim = c(-19.02, -18.47),
            sp.layout = list(text3),
            key.space = 'right',
            par.settings = list(fontsize = list(text = 8))
            #main = "Score 04 - Prevenção"
)

print(sp4)

win.graph(11, 11, 7)
grid.arrange(sp1, sp2, sp3, sp4, ncol = 2)

```