

# Modernização agrícola na região de Sealba: motor de indução tecnológica ou vetor de exclusão produtiva?

**Agricultural modernization in the Sealba region: driver of technological induction or vector of productive exclusion?**

**Modernización agrícola en la región de Sealba: ¿motor de inducción tecnológica o vector de exclusión productiva?**

**José Ediglê Alcantara Moura**  

Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza (CE), Brasil  
[edigle.economia@gmail.com](mailto:edigle.economia@gmail.com)

**Filipe Augusto Xavier Lima**  

Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza (CE), Brasil  
[filipeaxlima@ufc.br](mailto:filipeaxlima@ufc.br)

---

## Resumo

Este estudo tem como objetivo investigar os determinantes da modernização agrícola sobre o Produto Interno Bruto (PIB) e o emprego formal agropecuário na região dos Tabuleiros Costeiros de Sergipe, Alagoas e Bahia (Sealba), no ano de 2017. Especificamente, busca-se mensurar os fatores condicionantes desse processo de modernização. Para tanto, foram utilizadas duas abordagens metodológicas: a análise fatorial exploratória com decomposição por componentes principais, para identificar estruturas latentes associadas à modernização agrícola, e a regressão quantílica condicional, para investigar seus determinantes ao longo da distribuição do PIB e do emprego. Os resultados revelaram cinco fatores principais: modernização técnico-produtiva; intensidade do uso de capital financeiro; eficiência produtiva da terra; infraestrutura de transporte agrícola; e mecanização agrícola. Os determinantes da modernização agrícola variaram entre os quantis do PIB e do emprego agropecuário. Apenas os fatores 1 (FC1) e 3 (FC3) influenciaram positivamente os quantis inferiores e medianos do PIB, enquanto o fator 2 (FC2) teve impacto negativo no emprego nos quantis de 0,25 e 0,75. Ademais, o FC1 teve maior efeito sobre o emprego formal do que sobre o PIB.

**Palavras-chave:** Capital financeiro. Eficiência produtiva. Emprego formal agropecuário. Fronteira agrícola. Mecanização.

---



## Abstract

This study aims to investigate the determinant of agricultural modernization on the Gross Domestic Product (GDP) and formal agricultural employment in the Coastal Plateau region of Sergipe, Alagoas and Bahia (Sealba) in 2017. Specifically, it seeks to measure the determining factors of this modernization process. To this end, two methodological approaches were used: exploratory factor analysis with principal component decomposition, to identify latent structures associated with agricultural modernization, and conditional quantile regression, to assess its effects across the distribution of GDP and employment. The results revealed five main factors: technical-productive modernization; intensity of financial capital use; land productivity efficiency; agricultural transport infrastructure; and agricultural mechanization. The determinant of agricultural modernization varied across the quantiles of GDP and agricultural employment. Only factors 1 (FC1) and 3 (FC3) positively influenced the lower and median quantiles of GDP, while factor 2 (FC2) had a negative impact on employment at the 0.25 and 0.75 quantiles. Moreover, FC1 had a greater effect on formal employment than on GDP.

**Keywords:** Financial capital. Productive efficiency. Formal agricultural employment. Agricultural frontier. Mechanization.

---

## Resumen

Este estudio tiene como objetivo investigar los determinantes de la modernización agrícola sobre el Producto Interno Bruto (PIB) y el empleo agrícola formal en la región de la Meseta Costera de Sergipe, Alagoas e Bahia (Sealba) el año 2017. Específicamente, se busca medir los factores condicionantes de este proceso de modernización. Para ello, se utilizaron dos enfoques metodológicos: el análisis factorial exploratorio con descomposición en componentes principales, para identificar estructuras latentes asociadas a la modernización agrícola, y la regresión cuantílica condicional, para evaluar sus determinantes a lo largo de la distribución del PIB y del empleo. Los resultados revelaron cinco factores principales: modernización técnico-productiva; intensidad en el uso de capital financiero; eficiencia productiva de la tierra; infraestructura de transporte agrícola; y mecanización agrícola. Los determinantes de la modernización agrícola variaron entre los cuantiles del PIB y del empleo agropecuario. Solo los factores 1 (FC1) y 3 (FC3) influyeron positivamente en los cuantiles inferiores y medianos del PIB, mientras que el factor 2 (FC2) tuvo un impacto negativo en el empleo en los cuantiles 0,25 y 0,75. Además, el FC1 tuvo un mayor efecto sobre el empleo formal que sobre el PIB.

**Palabras-clave:** Capital financiero. Eficiencia productiva. Empleo formal agropecuario. Frontera agrícola. Mecanización.

---

## Introdução

Nos últimos 60 anos, a agropecuária brasileira passou por significativas transformações estruturais, impulsionadas por maiores investimentos em pesquisa e desenvolvimento, ampliação da oferta de crédito rural e formulação de políticas agrícolas voltadas à modernização do setor (Galle, 2021; Santos; Sano; Santos, 2018; Vieira Filho; Gasques; Ronsom, 2020).

A literatura internacional sobre a modernização agrícola é representada por estudos como os de Wang e Zhou (2013), Chao Li *et al.* (2019) e Jannat *et al.* (2019). No contexto nacional, destacam-se os trabalhos pioneiros de Silva e Kageyama (1983),

Hoffmann (1992), Souza e Khan (2001) e Souza e Lima (2003), que serviram de base para os debates econômicos mais recentes sobre o tema.

De acordo com Madeira *et al.* (2019), a modernização da agricultura brasileira envolve a intensificação de um conjunto de transformações estruturais no setor, marcadas pela ampliação do uso de insumos modernos produzidos industrialmente, como tratores, fertilizantes químicos, inseticidas, fungicidas e herbicidas. Para Silva e Vian (2021), essas transformações evidenciam de forma clara a relação entre modernização agrícola e nível tecnológico. Além desses fatores, a modernização deve considerar também as mudanças nas relações sociais de produção, conforme destaca Teixeira (2005).

Vale destacar que a modernização agrícola beneficiou, principalmente, as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, em detrimento das regiões Norte e Nordeste (Silva; Vian, 2021). Conforme Cano (2011), apesar da grande diversidade de commodities existente no Nordeste, fatores como o baixo nível tecnológico empregado, a concentração fundiária e as condições edafoclimáticas desfavoráveis explicam o atraso, a elevada vulnerabilidade e a baixa produtividade da economia agrícola regional, especialmente na área semiárida.

Não obstante, de acordo com Araújo (2020), há múltiplos “Nordestes”, ou seja, distintas realidades socioeconômicas dentro da própria região. Na concepção de Pacheco (1998), existem “ilhas de prosperidade” no contexto agropecuário. Segundo Araújo (2017), os exemplos mais emblemáticos são os polos irrigados localizados na Região Integrada de Desenvolvimento de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), o Vale do Açu (RN) e o Baixo Jaguaribe (CE). Destaca-se também a produção de lavouras temporárias, especialmente milho, soja e algodão, na porção de cerrados dos Estados da Bahia, Maranhão e Piauí (Pereira; Castro; Porcionato, 2018).

Mais recentemente, segundo Santos (2024), destaca-se uma amostra de municípios situados nos Estados de Sergipe, Alagoas e Bahia (região conhecida como Sealba), localizados em área de Tabuleiros Costeiros. Essa área tem se consolidado como a mais nova fronteira agrícola do Brasil, com elevada produção de cana-de-açúcar, milho e frutas.

De acordo com Procópio *et al.* (2019), o principal critério utilizado para delimitar a sub-região agrícola de Sealba foi a ocorrência de volumes pluviométricos superiores a 450 milímetros (mm), no período de abril a setembro, abrangendo, no mínimo, metade da área dos municípios. Em conformidade com Santos e Campos (2020), essa quantidade de precipitação é considerada adequada para o cultivo de diversas culturas de grãos, evidenciando o potencial produtivo da região.

A região de Sealba apresenta particularidades edafoclimáticas, econômicas e sociais que a tornam um espaço singular para o estudo da modernização agropecuária no Nordeste brasileiro. Com solos variados, regime pluviométrico heterogêneo e forte presença de atividades agropecuárias tanto familiares quanto empresariais, essa região reflete desafios e oportunidades típicos das zonas de transição entre áreas semiáridas e não semiáridas (Santos, 2024).

Conforme os dados da Produção Agrícola Municipal (PAM), divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025), a produtividade da cana-de-açúcar e do milho no Sealba é de 53,57 t/ha e 4,61 t/ha, respectivamente, superiores à média nordestina, que é de 53,30 t/ha para a cana-de-açúcar e 4,61 t/ha para o milho. Já segundo o Censo Agropecuário de 2017, embora o Sealba compreenda apenas 9,53% dos municípios nordestinos, ela concentra 12,53% dos tratores da região, ficando atrás apenas dos cerrados nordestinos, que abrangem 7,69% dos municípios e concentram 24,69% dos tratores do Nordeste.

Santos (2024) ressalta que as lavouras de sequeiro no Sealba vêm apresentando incrementos significativos de produção, o que diferencia os municípios situados dentro e fora dessa sub-região. Destarte, o nível médio de produção é, de modo geral, superior nos municípios de Sealba em comparação com o restante do Nordeste.

Além dessas observações, é relevante destacar a disparidade tecnológica entre os municípios da região de Sealba. Tais desigualdades são evidenciadas pelos dados do Censo Agropecuário de 2017 (2025), que mostram, por exemplo, que os municípios de Barra do São Miguel e Branquinha, ambos em Alagoas, não possuíam tratores nem máquinas de plantio e colheita naquele ano. Em contrapartida, o município de Paripiranga, na Bahia, registrou 504 tratores, 352 plantadeiras e 155 colheitadeiras.

No que se refere ao mercado de trabalho agropecuário, segundo dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS, 2025), a região de Sealba concentra 10,11% dos vínculos formais de trabalho do setor agropecuário no Nordeste, dos quais 42,48% estão localizados em Sergipe. No entanto, conforme as Contas Nacionais do IBGE (2025), os municípios sergipanos que integram a região respondem por apenas 15,73% do PIB agropecuário de Sealba. Ademais, o PIB agropecuário representa, em média, 22,98% do PIB total da referida fronteira agrícola.

De acordo com o Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED, 2025), entre 2010 e 2019, enquanto os municípios dos cerrados nordestinos obtiveram um saldo positivo acumulado de 4.938 empregos formais do setor agropecuário, os municípios de Sealba alcançaram, em termos absolutos, 5.001 postos de trabalho formais nesse setor, apesar de congregarem apenas 46,34% do total de municípios nordestinos oficialmente delimitados em fronteiras agrícolas.

Segundo Procópio *et al.* (2019), a região de Sealba apresenta vantagens competitivas em relação a outras fronteiras agrícolas, como o Matopiba, devido à maior proximidade com o mercado consumidor internacional, possibilitada pelo acesso facilitado aos portos de Aracaju e Maceió. Esse fator tende a reduzir os custos de transporte e a ampliar a competitividade das exportações de commodities da região.

Em face dessas reflexões, parte-se do seguinte questionamento: quais os determinantes em termos distributivos da modernização agrícola na região de Sealba sobre os indicadores econômicos setoriais, com ênfase no PIB e nos níveis de emprego formal no setor agropecuário? A hipótese norteadora da pesquisa é a de que o PIB e o emprego agropecuário respondem de maneiras distintas aos fatores determinantes da modernização.

Nesse sentido, o objetivo deste artigo é investigar os determinantes da modernização agrícola no PIB e no emprego formal agropecuário da região de Sealba no ano de 2017. Especificamente, busca-se mensurar os fatores condicionantes da modernização agrícola.

O recorte temporal em 2017 justifica-se por se tratar do ano mais recente do Censo Agropecuário do IBGE, a única base de dados nacional com desagregação municipal capaz de reunir, de forma simultânea, informações estruturais, tecnológicas e

produtivas da produção agrícola. A escolha desse ano garante consistência metodológica, evita vieses de comparabilidade e oferece um retrato consolidado da modernização agrícola na região de Sealba.

Optou-se por não utilizar outras bases de dados devido a limitações de abrangência, desagregação espacial e comparabilidade. Pesquisas agropecuárias de caráter anual, como a Produção Agrícola Municipal (PAM) e a Pesquisa Pecuária Municipal (PPM), embora relevantes, concentram-se em informações de produção física e valor econômico, não contemplando variáveis estruturais e tecnológicas essenciais para mensurar a modernização agrícola, como a mecanização, o uso de insumos e a assistência técnica.

O estudo oferece uma contribuição em relação à literatura ao explorar, pela primeira vez, a modernização agrícola na região de Sealba, denominada como a mais nova fronteira agrícola brasileira. Ao conjugar os instrumentais de análise fatorial e regressão quantílica com base nos dados do último Censo Agropecuário do IBGE (2025), do Sistema de Contas Nacionais e da RAIS, este estudo vai além das abordagens tradicionais ao propor uma análise multidimensional dos determinantes da modernização, revelando como seus determinantes se distribuem entre os diferentes estratos produtivos do PIB e dos vínculos formais de trabalho no setor agropecuário.

Desse modo, o trabalho preenche uma lacuna importante na literatura sobre modernização agrícola e fornece subsídios relevantes para o planejamento de políticas públicas mais eficazes e orientadas territorialmente. Vale destacar que não foram encontrados, até o momento, estudos que contemplem a modernização agrícola na região de Sealba, tampouco abordagens que considerem as transformações nas relações sociais de produção, aspecto que este trabalho busca explorar.

Além desta introdução, o artigo está estruturado em mais quatro seções. A segunda seção se dedica aos aspectos teóricos e estudos empíricos; a terceira situa os procedimentos metodológicos do trabalho; a quarta seção apresenta e discute os resultados, enquanto a quinta seção é dedicada às considerações finais do estudo.

## Aspectos teóricos e empíricos

### Breve contextualização sobre a região de Sealba

Em conformidade com Ramaciotti (2018), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) realizou o mapeamento das áreas e notificou os governos estaduais quanto à necessidade de implementar políticas territoriais voltadas ao fortalecimento e à atração de investimentos, além de destacar a importância de políticas públicas voltadas à produção de grãos. Nesse contexto, entre 2014 e 2015, consolidou-se o conceito regional denominado Sealba, tendo como primeiros municípios aderentes: Paripiranga (BA), Rio Real (BA), Umbaúba (SE), Nossa Senhora das Dores (SE), Frei Paulo (SE), São Miguel dos Campos (AL), Campo Alegre (AL), Porto Calvo (AL), Jundiá (AL) e Anadia (AL).

Com base nesse estudo, aliado à implementação do zoneamento de risco climático e ao envio de documentação técnica à Embrapa e ao Ministério da Agricultura, os 171 municípios reconhecidos como pertencentes a uma área com expressivo potencial agrícola passaram a ter acesso a seguros rurais, linhas de crédito e mecanismos de incentivo. Tais medidas buscaram garantir maior estabilidade e criar um ambiente favorável ao desenvolvimento da atividade agrícola na região, posteriormente designada como Sealba, acrônimo formado pelas iniciais dos Estados envolvidos (Santos; Campos, 2020).

Nos últimos dez anos, a Embrapa tem direcionado esforços ao desenvolvimento de tecnologias e práticas agronômicas voltadas ao incremento da produtividade das culturas comerciais, com especial ênfase na produção de grãos. O Governo Federal, por meio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), desempenhou papel crucial na consolidação dessa nova fronteira agrícola ao oficializar o zoneamento agrícola dos Estados de Sergipe e Alagoas, ampliando o acesso às políticas de crédito e financiamento rural voltadas ao fomento das lavouras comerciais na região de Sealba (Silva, 2022).

A Tabela 1 apresenta os dados da quantidade produzida, valor da produção, área colhida e produtividade das principais lavouras temporárias na região de Sealba, com base nas informações da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) de 2017. Observa-se que a produção agrícola temporária da região alcançou um total de 22.739.536 toneladas,

movimentando cerca de R\$ 2.966.572 mil reais e ocupando uma área colhida de 761 hectares, com produtividade média de 29,87 toneladas por hectare.

Tabela 1: Quantidade produzida, valor da produção, área colhida e produtividade das principais lavouras da região de Sealba, 2017

| Delimitação   | Quantidade produzida (em toneladas) | Valor da produção (em mil reais) | Área colhida (em hectares) | Produtividade (t/ha) |
|---------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------|
| Sergipe       | 3.636.162                           | 8.64.067                         | 253.345                    | 14,35                |
| Alagoas       | 18.069.660                          | 1.621.589                        | 383.898                    | 47,07                |
| Bahia         | 1.033.534                           | 480.916                          | 123.911                    | 8,34                 |
| Sealba        | 22.739.356                          | 2.966.572                        | 761.154                    | 29,87                |
| Sealba/NE (%) | 37,00                               | 31,00                            | 20,00                      | -                    |

Fonte: Elaborada pelos autores (2025) com base nos dados da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do IBGE (2025). Nota: foram consideradas as lavouras temporárias de milho, cana-de-açúcar, laranja, limão, tangerina e mandioca.

Entre os Estados da região, Alagoas se destaca com a maior quantidade produzida (18.069.660 toneladas) e a maior produtividade (47,07 t/ha), indicando uma forte presença de culturas de alto rendimento, como a cana-de-açúcar. Sergipe, por sua vez, produziu 3.636.162 toneladas, com produtividade intermediária (14,35 t/ha), enquanto a Bahia apresentou o menor volume (1.033.534 toneladas) e a menor produtividade (8,34 t/ha).

No que se refere à participação da região no contexto nordestino, o Sealba respondeu por 37% da quantidade produzida, 31% do valor da produção e 20% da área colhida das lavouras consideradas em relação ao Nordeste brasileiro, demonstrando a relevância deste recorte geográfico no cenário agrícola nordestino.

### Estudos empíricos sobre a modernização agrícola

Em face da relevância da modernização agrícola, a literatura sobre o tema tem se mostrado extensa e diversificada. Nos últimos cinco anos (a partir de 2020), destacam-se, em âmbito nacional, os estudos de Alcantara e Bacha (2023) e Silva e Vian (2021), que abordam os determinantes e os efeitos da modernização sob diferentes perspectivas analíticas. No plano regional, merecem destaque as contribuições de Dias e Campos (2022) e de Lima, Campos e Alves (2022), que focalizam a dinâmica da modernização

na macrorregião Nordeste, enquanto Galle (2021) direciona sua análise à Região Sul, com recorte por Unidades Federativas. No tocante a estudos específicos por Estados, observam-se os trabalhos de Santos e Campos (2021) e de Costa Filho *et al.* (2023), ambos voltados ao Estado do Ceará, além da investigação de Procópio *et al.* (2023), que examinam o processo de modernização agrícola no Mato Grosso do Sul. Em áreas de expansão recente da fronteira agrícola, destaca-se a pesquisa de Batista *et al.* (2023), que analisam o fenômeno na região do Matopiba. No contexto do bioma Amazônico, o estudo de Lobão e Staduto (2020) examina os níveis de modernização nos municípios da região, contribuindo para a compreensão das especificidades e desafios enfrentados naquele território.

Lobão e Staduto (2020), ao analisarem a Amazônia brasileira com base no Censo Agropecuário de 2006, identificaram um padrão dual de modernização. A partir da análise fatorial, destacaram-se os indicadores relacionados aos custos com insumos, uso da terra e trabalho intensivo. Constatou-se que os municípios com menores níveis de modernização se concentram na Amazônia Ocidental (norte e oeste), enquanto os mais avançados estão na Amazônia Oriental (sul e leste), por onde ocorre a expansão da fronteira agrícola.

Silva e Vian (2021), por meio da análise de agrupamentos, classificaram os municípios brasileiros conforme indicadores de modernização agropecuária. De acordo com os dados de 2006, mais da metade dos estabelecimentos se encontrava nos três grupos mais vulneráveis, caracterizados por condições produtivas deficientes. Esses municípios estão concentrados nas regiões Norte e Nordeste e respondem por apenas 25% do PIB agropecuário nacional.

Santos e Campos (2021) analisaram a intensidade da modernização agropecuária nos municípios cearenses, construindo o Índice de Modernização Agropecuária (IMA) a partir do Censo Agropecuário de 2017. Os resultados evidenciaram grande disparidade entre os municípios, com a média estadual do índice situada em um patamar baixo. Mais da metade dos municípios ficou abaixo da média, e apenas cinco dos 164 avaliados apresentaram níveis elevados de modernização.

Galle (2021) analisou os fatores que impulsionam a modernização agrícola nos Estados do Sul do Brasil (RS, SC e PR), nos anos de 2006 e 2017, utilizando análise fatorial e análise exploratória de dados espaciais (AEDE). Os resultados demonstraram

que os municípios com maiores níveis de IMA estavam concentrados nas mesorregiões Noroeste e Centro Oriental do RS, Vale do Itajaí e Oeste Catarinense, além do Oeste, Norte Central e região Metropolitana do Paraná. Essas áreas concentram importantes polos produtores de grãos, frutas e hortaliças, além de serem marcadas por intensa atividade agroindustrial. A análise espacial confirmou a existência de autocorrelação positiva, indicando que a modernização agrícola está distribuída de maneira não aleatória no espaço.

Mediante a elaboração do Índice de Modernização Agrícola (IMA) com base no Censo Agropecuário de 2017 para os municípios nordestinos, os autores Lima, Campos e Alves (2022), por meio das técnicas de análise fatorial e de *cluster*, constataram que 88,42% dos municípios apresentavam baixa propensão à modernização agrícola, enquanto apenas 0,91% possuía um índice satisfatório.

Com base no Censo Agropecuário de 2017, Dias e Campos (2022) utilizaram 27 variáveis na construção do IMA, por meio da análise fatorial. Os fatores explicaram 89,61% da variância total da amostra. O índice de modernização da agricultura familiar nordestina revelou-se predominantemente médio-baixo, com comportamento relativamente homogêneo entre os Estados da região.

Com base em dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017, Alcantara e Bacha (2023) aplicaram a análise fatorial para investigar os elementos que impulsionam a modernização da agropecuária brasileira. Os achados evidenciam uma distribuição desigual dos escores dos cinco fatores extraídos entre as mesorregiões do país, bem como trajetórias distintas ao longo do período analisado. Isso revela que o processo de modernização agropecuária ainda ocorre de forma heterogênea no território nacional.

Costa Filho *et al.* (2023) avaliaram o grau de modernização nas Unidades Agrícolas Familiares (UAFs) e seus impactos sobre a renda média e a ocupação de agricultores familiares no semiárido cearense. A análise fatorial revelou predominância de nível médio de modernização. A renda média demonstrou correlação direta com o nível de modernização, enquanto a ocupação da mão de obra familiar não sofreu redução significativa com o aumento da modernização.

Procópio *et al.* (2023), com base na análise fatorial aplicada aos dados do Censo de 2017, calcularam o IMA para os municípios do Mato Grosso do Sul. Os principais

determinantes identificados foram a adoção tecnológica, os gastos totais na atividade agropecuária, o acesso ao crédito, à energia elétrica e a presença de equipamentos modernos nas propriedades. Os resultados indicaram uma distribuição heterogênea do índice, sendo que 32,91% dos municípios apresentaram classificação regular.

Batista *et al.* (2023) exploraram o estágio da modernização agrícola na região do Matopiba em 2017, utilizando análise fatorial, análise exploratória de dados espaciais e o modelo espacial SAC. A variável dependente foi o Produto Interno Bruto (PIB) agropecuário, enquanto as variáveis explicativas foram os fatores gerados pela análise fatorial. Os resultados apontaram a identificação de sete fatores, dos quais apenas três se mostraram estatisticamente significativos: o intensivo em capital (F1), o centrado na exploração do fator terra (F2) e o associado ao uso de máquinas e implementos tradicionais (F3).

Dentre o rol de estudos citados, destaca-se que apenas Batista *et al.* (2023) não propuseram um índice de modernização agrícola. Em vez disso, os autores relacionaram os fatores obtidos por meio da análise fatorial com o PIB agropecuário dos municípios da região do Matopiba. Inspirado nessa abordagem, o presente trabalho adota uma linha similar, porém, avança ao incorporar como variáveis de resultado, tanto o PIB agropecuário quanto o estoque de empregos formais. Parte-se do pressuposto de que esses dois desfechos são impactados de maneira distinta pelos fatores que impulsionam a modernização agrícola. Para tanto, utiliza-se a regressão quantílica, uma abordagem metodológica ainda não explorada na literatura.

## Procedimentos metodológicos

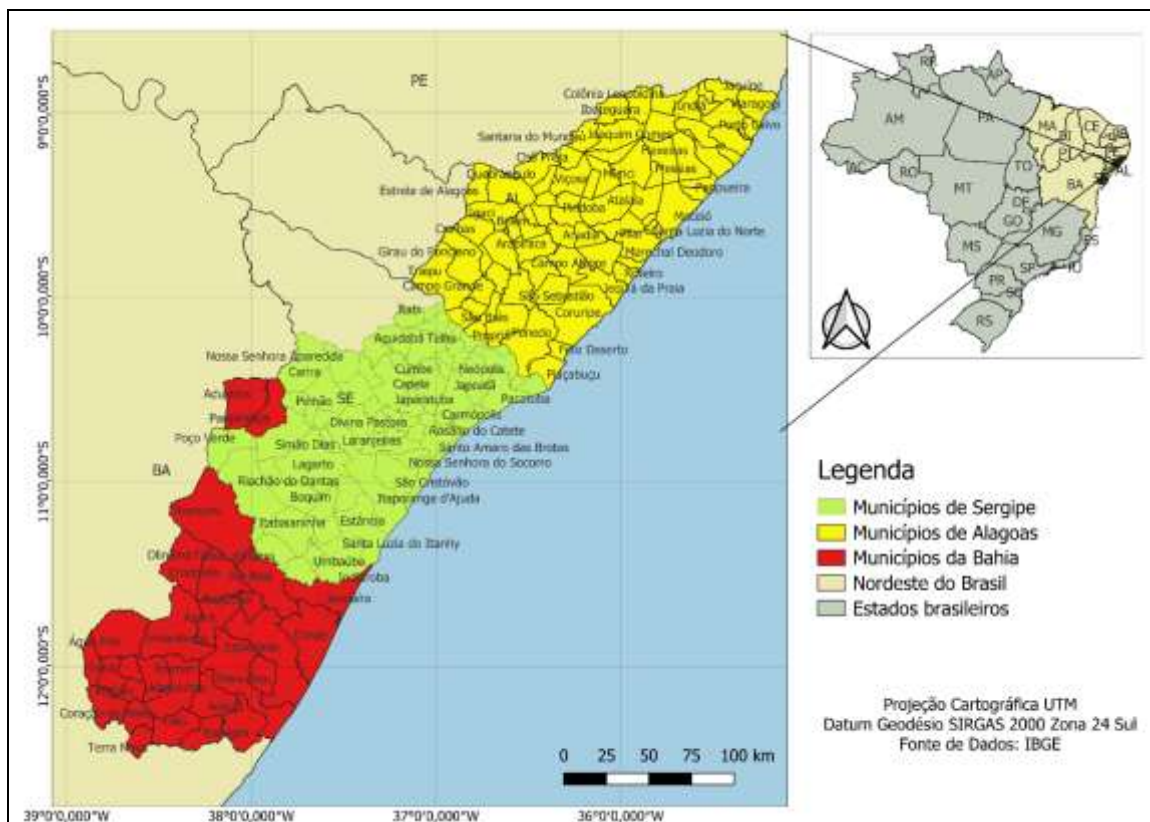
### Área de estudo

A região de Sealba é formada por municípios localizados nos Tabuleiros Costeiros dos Estados de Sergipe, Alagoas e Bahia. Seu delineamento foi estruturado com base nas iniciativas e estratégias territoriais promovidas pela Embrapa, com o objetivo de expandir a fronteira agrícola nesses territórios. A seguir, consta essa delimitação, realizada pela Embrapa Tabuleiros Costeiros (Figura 1).

Segundo o IBGE (2025), a região de Sealba é composta por 171 municípios, distribuídos da seguinte forma: 69 em Sergipe, 74 em Alagoas e 28 na Bahia. A

participação relativa do PIB agropecuário nos municípios desses Estados que integram o Sealba corresponde, respectivamente, a 15,73%, 71,72% e 12,55%. Já a população rural da região representa 8,31% do total do Nordeste.

Figura 1: Região de abrangência de Sealba



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

## Estratégias empíricas

### Análise fatorial exploratória

A técnica estatística multivariada, denominada de análise fatorial pelo método dos componentes principais, consiste no relacionamento de covariância entre variáveis observáveis, considerando que, possivelmente, cada uma delas possa assumir uma combinação de poucos fatores independentes entre si, e não diretamente observáveis (Mingoti, 2005).

Antes de sua aplicação propriamente dita, torna-se necessário averiguar se os dados são apropriados para o emprego da análise fatorial. Na concepção de Fávero *et al.*

(2009), a sua adequabilidade pode ser verificada por meio do teste Kaiser-Mayer-Olkin (KMO), do teste de esfericidade de Bartlett e da checagem da Matriz de Antimatriz (MAS). O KMO corresponde à razão entre o somatório dos quadrados das correlações de todas as variáveis dividida por essa mesma soma, acrescentada da soma dos quadrados das correlações parciais de todas as variáveis. Para que o modelo de análise fatorial seja adequado, é recomendável ter elevados coeficientes de correlação simples e reduzidos coeficientes de correlações parciais (Fávero *et al.*, 2009).

O teste de esfericidade de Bartlett verifica se a hipótese nula, de que a matriz de correlações é uma matriz identidade, pode ser rejeitada. Se não for possível rejeitar a hipótese nula, ou seja, se as inter-relações das variáveis forem nulas, não se recomenda a adoção da análise fatorial. Após verificar a adequabilidade do modelo, procede-se com a extração dos fatores iniciais e a determinação do número de fatores.

De acordo com as constatações de Mingoti (2005), a matriz anti-imagem aponta, a partir da matriz de correlações, a adequabilidade dos dados à análise fatorial e apresenta os valores negativos das correlações parciais. Na sua diagonal principal, são apresentados os valores de *Measure of Sampling Adequacy* (MSA) ou a Medida de Adequação da Amostra, para cada variável. Quanto maiores forem esses valores, acima de 0,5, melhor será a utilização da análise fatorial e, caso contrário, talvez seja necessário excluí-la da análise.

Segundo Hardle e Simar (2015), esse modelo explica o resultado das  $p$  variáveis na matriz de dados  $X$ , utilizando poucos fatores, podendo ser expresso pela Equação 1:

$$x_j = \sum_{l=1}^k q_{jl} f_l + \mu_j, j=1, \dots, p \quad (1)$$

sendo que:  $f_l$ , para  $l = 1, \dots, k$  representa fatores. O número de fatores  $k$  deve ser sempre muito menor que o número de variáveis  $p$ , de modo que se escolheu o número de fatores com base no critério da raiz latente. Para Fávero *et al.* (2009), esse critério mostra que o número de fatores considerados está em função das raízes características que excedem à unidade, sendo que esses autovalores maiores que um revelam a variância explicada por parte de cada fator.

Considerando o vetor aleatório  $X$   $p$ -dimensional com média  $\mu$  e matriz covariância  $Var(X) = \Sigma$ , o modelo (2) pode ser reescrito para  $X$  em notação matricial da seguinte forma:

$$X_{(px1)} = Q_{(pxk)} F_{(kx1)} + U_{(px1)} + \mu_{(px1)} \quad (2)$$

em que:  $U_j$ ,  $j$  fatores específicos, e  $F_l$ ,  $l$  fatores comuns, sendo que esses vetores aleatórios  $F$  e  $U$  são não observáveis e não correlacionados; e  $Q$  indica as cargas fatoriais.

Considerando que a interpretação dos fatores das cargas iniciais pode ser difícil, é comum realizar uma rotação que propicie uma estrutura mais simples, utilizando técnicas como Varimax, Quartimax e Promax (Mingoti, 2005). Dentre essas técnicas, utilizou-se neste estudo a rotação ortogonal Varimax, já que permite maximizar a variância dos quadrados dos fatores de carga sobre todas as variáveis.

Em termos matemáticos, essa rotação preserva a independência linear entre os fatores, garantindo que as correlações populacionais entre eles sejam iguais a zero:

$$Corr(FC_i, FC_j) = 0 \text{ para } i \neq j \quad (3)$$

Como consequência, quando os fatores rotacionados são usados como variáveis explicativas em um modelo de regressão, não há multicolinearidade estrutural entre eles, tendo em vista que a ortogonalidade implica ausência de correlação linear, o que reduz o Fator de Inflação da Variância (VIF) ao valor mínimo teórico igual à unidade, inibindo a correlação entre os fatores, conforme discorre Mingoti (2005).

### **Regressão quantílica**

Averiguando o PIB e o emprego formal agropecuário, em nível municipal, verifica-se que essas variáveis consideradas possuem forte heterogeneidade entre os

municípios de Sealba, tendo em vista que os Coeficientes de variação registraram valores, respectivamente, de 145,91% e 206,96%. Essas estatísticas mostram uma discrepância muito alta dos dados, em conformidade com Gomes (1990). Diante dessa inferência, recomenda-se o uso do modelo de regressão quantílica.

Para avaliar os determinantes da modernização agrícola sobre o PIB e emprego formal agropecuário, em diferentes pontos da distribuição condicional, empregou-se o modelo de regressão quantílica. Esta técnica econométrica estima diferentes quantis de uma variável dependente em relação às variáveis explicativas.

Para Koenker e Bassett (1978), o uso desse método possui vantagens em comparação ao método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), gerando estimadores mais eficientes quando os erros não apresentam distribuição normal; e não é influenciado pelos dados discrepantes.

Para testar se os determinantes da variável explanatória na variável dependente são significativamente diferentes entre os quantis, adota-se o teste de Wald. A hipótese nula do teste de Wald é a igualdade estatística dos coeficientes aos pares. Se o resultado do teste responder com estatística significativa ( $p < 0,05$ ), rejeita-se a hipótese nula, indicando que o efeito das variáveis explicativas analisadas não é o mesmo nos quantis condicionais da variável dependente. A escolha dos quantis (0,25; 0,50; 0,75) foi baseada no estudo de Oliveira (2021).

$$Q_c(y_i|X) = X\beta_c, r \in (0,1) \quad (4)$$

em que  $y_i$  refere-se às variáveis dependentes (PIB e emprego formal agropecuário) e  $X_i$  refere-se às variáveis capazes de explicar esses indicadores.

Além disso, baseando-se em Costa *et al.* (2015), utilizou-se o método de reamostragem do *bootstrap*, a fim de aumentar a confiabilidade nas inferências realizadas com as estimações. Desta forma, os erros-padrão foram obtidos com mil replicações.

## Modelagem empírica

Em particular neste estudo, estimaram-se dois modelos semilogarítmicos, representados pelas equações 5 e 6:

$$\ln PIB\_agro_i = \beta_0 + \sum^6 \beta X_{i,j} + s_i \quad (5)$$

$$\ln Emprego\_agro_i = \beta_0 + \sum^6 \beta X_{i,j} + s_i \quad (6)$$

em que:  $\ln PIB\_agro_i$  representa o logaritmo natural do PIB agropecuário do município  $i$ ;  $X_{i,j}$  diz respeito ao rol de variáveis explicativas, denominadas de fatores representativos da modernização agrícola, que não são diretamente observados, definidos por meio da análise fatorial acrescida de uma *dummy*<sup>1</sup>, na qual obtém valor um, quando os municípios de Sealba não fazem parte do semiárido (situados no bioma Mata Atlântica); e valor zero, caso contrário (localizados no bioma Caatinga). A mesma interpretação vale para o modelo 5, no entanto, inserindo a variável dependente, isto é, o emprego formal agropecuário.

Destarte, espera-se sinal positivo para todas as variáveis explicativas dos modelos. A utilização de fatores mensurados pela análise fatorial como variáveis explicativas também foi observada no estudo de Batista *et al.* (2023).

## Fonte de dados e variáveis empregadas no estudo

Para determinar os fatores representativos da modernização agrícola no Sealba, após a realização dos testes estatísticos, selecionaram-se 15 variáveis, cuja escolha foi baseada na disponibilidade dos dados e na sugestão de variáveis adotadas em trabalhos com o mesmo enfoque deste, como são os casos, por exemplo, dos estudos propostos por Hoffmann (1992), Souza e Khan (2001), Madeira *et al.* (2019) e Batista *et al.* (2023).

Durante a etapa inicial da análise fatorial, algumas variáveis apresentaram comunalidades inferiores ao limiar recomendado (geralmente abaixo de 0,50),

---

<sup>1</sup> Para maiores detalhes sobre a inclusão desta variável, consultar Oliveira (2021).

indicando que elas compartilhavam pouca variância comum com o conjunto dos fatores extraídos e, portanto, não contribuíam adequadamente para a construção dos componentes latentes. A exclusão dessas variáveis<sup>2</sup> foi necessária para garantir a qualidade e a interpretação dos fatores resultantes.

Reconhece-se que a remoção de variáveis pode alterar a composição dos fatores e, conseqüentemente, os resultados do estudo. Para mitigar esse risco, foram realizados testes de robustez, consistindo em: (i) reestimativas da análise fatorial incluindo e excluindo as variáveis com baixa comunalidade; (ii) comparação dos autovalores/raízes características, variância explicada e estrutura fatorial; e (iii) avaliação da estabilidade dos escores fatoriais usados nas análises subsequentes. Os resultados desses testes indicaram que a exclusão das variáveis de baixa comunalidade alterou significativamente a estrutura fatorial, melhorando expressivamente o grau de ajuste do KMO e das cargas fatoriais.

As variáveis foram expressas em termos proporcionais à área explorada (AE), em hectares; ao pessoal ocupado, expresso em equivalente-homem (EH); e ao número total de estabelecimentos (TE). As 15 variáveis do presente estudo foram levantadas para cada um dos 171 municípios da região de Sealba no ano de 2017. Essas variáveis estão definidas no Quadro 1.

Todas as variáveis foram oriundas do Censo Agropecuário de 2017. No que se refere à escolha dessas variáveis, baseou-se nos estudos de Matos e Pessoa (2018); Madeira *et al.* (2019); Silva e Vian (2021); Dias e Campos (2022); e Batista *et al.* (2023).

Visto que não é o volume o fator de interesse, mas a intensidade da utilização das tecnologias modernas, os indicadores são expressos em relação à área explorada (AE), à mão de obra ocupada, dada por equivalente-homem (EH), e ao total de estabelecimentos (TE) (Madeira *et al.*, 2019). AE se refere ao somatório das áreas de lavouras (permanentes, temporárias e para o cultivo de flores), pastagens (naturais, plantadas em boas condições e em más condições), matas ou florestas plantadas, matas

---

<sup>2</sup> Foram testadas outras variáveis, tais como o número de estabelecimentos com irrigação/TE, número de estabelecimentos que utilizaram agrotóxicos/TE e número de estabelecimentos cooperados/TE, porém, elas foram excluídas da análise por apresentarem baixas comunalidades. Fávero *et al.* (2009) afirmam que as variáveis com essa característica devem ser excluídas da análise, por não apresentarem explicação suficiente.

naturais (matas e/ou florestas naturais e matas ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal) e sistemas agroflorestais (área cultivada com espécies florestais também usadas para lavouras e pastoreio por animais). Enquanto o TE corresponde à quantidade total de estabelecimentos agropecuários (Hoffmann, 1992; Batista *et al.*, 2023).

Quadro 1: Variáveis consideradas no modelo de análise fatorial exploratória

| Variável | Caracterização das variáveis                                                                                           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| V1       | Despesas com adubos, corretivos, sementes e mudas, agrotóxicos, medicamentos para animais, sal e rações (mil reais)/AE |
| V2       | Despesas gerais (mil reais)/AE                                                                                         |
| V3       | Despesas com adubos, corretivos, sementes e mudas, agrotóxicos, medicamentos para animais, sal e rações (mil reais)/EH |
| V4       | Número de estabelecimentos com orientação técnica/TE                                                                   |
| V5       | Número de estabelecimentos que fizeram uso de calcário e/ou outros corretivos do pH do solo/TE                         |
| V6       | Valor da produção (mil reais)/EH                                                                                       |
| V7       | Valor dos financiamentos (mil reais)/AE                                                                                |
| V8       | Valor dos financiamentos (mil reais)/EH                                                                                |
| V9       | Despesas gerais (mil reais)/EH                                                                                         |
| V10      | Número de estabelecimentos que fizeram adubações química, orgânica ou química e orgânica/TE                            |
| V11      | Valor da produção (mil reais)/AE                                                                                       |
| V12      | Número de veículos <sup>3</sup> nos estabelecimentos agropecuários/AE                                                  |
| V13      | Número de veículos nos estabelecimentos agropecuários/EH                                                               |
| V14      | Número de tratores nos estabelecimentos agropecuários/EH                                                               |
| V15      | Número de tratores nos estabelecimentos agropecuários/AE                                                               |

Fonte: Elaborado pelos autores (2025) com base nos dados do Censo Agropecuário de 2017.

No que se refere ao EH, tem-se que empregar um procedimento de uniformização, uma vez que existem diferenças entre os trabalhadores no que diz respeito ao sexo, idade e ao tipo de dedicação, que implicam no volume de trabalho disponível, sendo necessária, portanto, a aplicação de pesos para cada categoria, expressos da seguinte maneira: 1) Homens de 14 anos ou mais = 1,0 EH; 2) Mulheres de 14 anos ou mais: a) Familiares = 0,5 EH; b) Empregadas = 1,0 EH; c) Parceiras = 0,66 EH; 3) Crianças com menos de 14 anos: a) Familiares = 0,4 EH; b) Empregados e parceiros = 0,5 EH (Silva; Kageyama, 1983). Após a mensuração dos fatores pelo método aludido, foram estimadas duas regressões quantílicas com formas funcionais log-linear (Quadro 2). Com um acréscimo em termos absolutos em uma variável

<sup>3</sup> Foram considerados como veículos, os caminhões, as motos e os automóveis, conforme o Censo Agropecuário de 2017 do IBGE (2025).

explicativa, por exemplo, no fator n, obtém-se o respectivo incremento relativo na variável dependente (PIB e/ou Emprego formal agropecuário).

Quadro 2: Variáveis consideradas no modelo de regressão quantílica

| <i>Variáveis dependentes</i>  | <i>Estratégia empírica</i>                                                                                      |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Log_PIB agropecuário          | Retirada do Sistema de Contas Nacionais do IBGE                                                                 |
| Log_Emprego agropecuário      | Retirada da RAIS do MTE                                                                                         |
| <i>Variáveis explicativas</i> | <i>Estratégia empírica</i>                                                                                      |
| FC1                           | Mensurado pela análise fatorial exploratória                                                                    |
| FC2                           | Mensurado pela análise fatorial exploratória                                                                    |
| FC3                           | Mensurado pela análise fatorial exploratória                                                                    |
| FC4                           | Mensurado pela análise fatorial exploratória                                                                    |
| FC5                           | Mensurado pela análise fatorial exploratória                                                                    |
| DSA                           | Localização em região semiárida (= 1 caso o município não esteja localizado nessa área; 0 caso contrário) (DSA) |

Fonte: Elaborado pelos autores (2025) com base nos dados do Censo Agropecuário de 2017, Sistema de Contas Nacionais e RAIS.

Espera-se que todas as variáveis explicativas apresentem sinal positivo, refletindo sua contribuição direta sobre a variável dependente. Para alcançar os objetivos propostos, as estimações empíricas deste estudo foram realizadas com o suporte dos softwares SPSS 21.0 e Stata 16. O primeiro foi utilizado na condução da análise fatorial, enquanto o segundo foi empregado na aplicação da regressão quantílica.

## Resultados e discussão

### Determinantes da modernização agrícola no Sealba

Para confirmar a adequabilidade da análise fatorial, foram realizados o Teste de Esfericidade de Bartlett e o Teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). O valor obtido no Teste de Esfericidade de Bartlett foi de 1.471,26, significativo a 1% de probabilidade, o que leva à rejeição da hipótese nula de que a matriz de correlação seja uma matriz identidade. Isso indica que a matriz de correlação não é diagonal e que as variáveis estão correlacionadas.

O Teste de KMO apresentou um valor de 0,61, considerado adequado para a aplicação da análise fatorial, conforme sugerido por Hair Junior *et al.* (2005). Além disso, com base no *Measure of Sampling Adequacy* (MSA), plotado na Tabela 2, foram

verificados valores superiores a 0,50 na diagonal principal, indicando que o conjunto de dados está bem estruturado, de acordo com Mingoti (2005).

Destarte, observou-se que todas as variáveis apresentaram valores na diagonal principal da matriz Anti-imagem acima de 0,50, exceto as indicadas de V1 e V2, com valores de 0,33 e 0,40, respectivamente. No entanto, decidiu-se por mantê-las na análise, uma vez que, segundo Fávero *et al.* (2009), como as variáveis possuem altos valores de comunalidades e cargas fatoriais, podem permanecer no estudo, além de sua importância apontada pela literatura.

Tabela 2: Ajustamento dos dados originais à análise fatorial exploratória, 2017

| Variáveis explicativas                                                                                                      | MSA  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| V1 - Despesas com adubos, corretivos, sementes e mudas, agrotóxicos, medicamentos para animais, sal e rações (mil reais)/AE | 0,33 |
| V2 - Despesas gerais (mil reais)/AE                                                                                         | 0,40 |
| V3 - Despesas com adubos, corretivos, sementes e mudas, agrotóxicos, medicamentos para animais, sal e rações (mil reais)/EH | 0,60 |
| V4 - Número de estabelecimentos com orientação técnica/TE                                                                   | 0,80 |
| V5 - Número de estabelecimentos que fizeram uso de calcário e/ou outros corretivos do pH do solo/TE                         | 0,77 |
| V6 - Valor da produção (mil reais)/EH                                                                                       | 0,82 |
| V7 - Valor dos financiamentos (mil reais)/AE                                                                                | 0,81 |
| V8 - Valor dos financiamentos (mil reais)/EH                                                                                | 0,69 |
| V9 - Despesas gerais (mil reais)/EH                                                                                         | 0,55 |
| V10 - Número de estabelecimentos que fizeram adubações química, orgânica ou química e orgânica/TE                           | 0,58 |
| V11 - Valor da produção (mil reais)/AE                                                                                      | 0,52 |
| V12 - Número de veículos nos estabelecimentos agropecuários/AE                                                              | 0,57 |
| V13 - Número de veículos nos estabelecimentos agropecuários/EH                                                              | 0,46 |
| V14 - Número de tratores nos estabelecimentos agropecuários/EH                                                              | 0,62 |
| V15 - Número de tratores nos estabelecimentos agropecuários/AE                                                              | 0,58 |

Fonte: Elaborada pelos autores (2025) com base nos dados do Censo Agropecuário de 2017.

A Tabela 3 apresenta as estimativas iniciais antes da rotação ortogonal e o critério da raiz latente para os 15 fatores extraídos da matriz de correlações simples. Os primeiros cinco fatores possuem autovalores (raiz característica) maiores que 1, o que, segundo o critério da raiz latente (Kaiser), justifica a retenção desses cinco fatores para a análise final. Esses cinco fatores explicam conjuntamente 74,02% da variância total dos dados, indicando que uma grande parte da variabilidade das 15 variáveis analisadas pode ser representada por esses componentes latentes.

Vale destacar que os fatores além do quinto têm autovalores abaixo da unidade, sugerindo que não carregam informação suficiente para serem mantidos, segundo o critério adotado. A variância acumulada chega a 100% com os 15 fatores, mas a maior parte da informação está concentrada nos primeiros cinco, o que reforça a redução dimensional eficiente proporcionada pela análise fatorial.

Tabela 3: Estimativas iniciais antes da rotação ortogonal e o critério da raiz latente das raízes características da matriz de correlações simples (171 x 15) e percentual da variância total explicada pelos municípios de Sealba, 2017

| Fator | Raiz característica | Variância explicada pelo fator (%) | Variância acumulada (%) |
|-------|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 1     | 4,07                | 27,14                              | 27,14                   |
| 2     | 2,91                | 19,41                              | 46,55                   |
| 3     | 1,89                | 12,60                              | 59,15                   |
| 4     | 1,21                | 8,04                               | 67,18                   |
| 5     | 1,03                | 6,84                               | 74,02                   |
| 6     | 0,90                | 6,13                               | 80,15                   |
| 7     | 0,79                | 5,29                               | 85,44                   |
| 8     | 0,57                | 3,80                               | 89,23                   |
| 9     | 0,46                | 3,07                               | 92,30                   |
| 10    | 0,34                | 2,25                               | 94,55                   |
| 11    | 0,29                | 1,92                               | 96,47                   |
| 12    | 0,20                | 1,35                               | 97,82                   |
| 13    | 0,13                | 0,86                               | 98,68                   |
| 14    | 0,11                | 0,76                               | 99,44                   |
| 15    | 0,08                | 0,56                               | 100,00                  |

Fonte: Elaborada pelos autores (2025) com base nos dados do Censo Agropecuário de 2017.

Após essas estimativas foi utilizado o sistema rotação ortogonal pelo Método Varimax, com intuito de simplificar a interpretação dos resultados. Ao evitar a complexidade da versão original da análise fatorial, na qual uma variável pode estar relacionada a múltiplos fatores, a rotação supracitada permite que cada variável esteja predominantemente associada a um único fator. Isso torna os resultados mais claros e a interpretação mais fácil e significativa.

A Tabela 4 mostra os cinco fatores de modernização agrícola com raiz característica maior do que um, que sintetizam as 15 variáveis analisadas. Esses fatores explicam 74,02% da variância total dos dados, sendo que a maior parte da variância (20,81%) é explicada pelo primeiro fator.

Tabela 4: Estimativas após a rotação ortogonal das raízes características da matriz de correlações simples (171 x 15) e percentual da variância total explicada pelos municípios de Sealba, 2017

| Fator | Raiz característica | Variância explicada pelo fator (%) | Variância acumulada (%) |
|-------|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 1     | 3,12                | 20,81                              | 20,81                   |
| 2     | 2,52                | 16,78                              | 37,60                   |
| 3     | 2,07                | 13,76                              | 51,36                   |
| 4     | 1,73                | 11,54                              | 62,90                   |
| 5     | 1,67                | 11,12                              | 74,02                   |

Fonte: Elaborada pelos autores (2025) com base nos dados do Censo Agropecuário de 2017.

Na Tabela 5 estão expostas as cargas fatoriais rotacionadas e as comunalidades para os dois fatores analisados. As cargas fatoriais com valores maiores do que 0,50 estão destacadas em negrito, indicando as variáveis mais intimamente associadas a determinado fator, enquanto a comunalidade indica que todas as variáveis têm sua variabilidade captada e representada pelos cinco fatores.

O Fator (FC1) expressa o grau de modernização técnica dos estabelecimentos agropecuários, refletido pela intensidade de uso de insumos modernos (adubos, sementes, agrotóxicos e rações), pelo volume de despesas produtivas por área e trabalhador, bem como pela adoção de práticas agronômicas orientadas tecnicamente, como o uso de corretivos de solo e o acesso à orientação técnica. Nessa perspectiva, a compilação destas variáveis representa uma dimensão central da modernização agrícola, centrada na qualificação técnica da produção, denominado de *modernização técnico-produtiva*.

O Fator 2 (FC2) foi nomeado como *intensidade do uso de capital financeiro na produção agrícola*, estando relacionado à intensificação do uso de recursos financeiros na produção agrícola, incluindo financiamentos e despesas por hectare e por trabalhador. Essa dimensão está fortemente associada às estratégias de modernização, nas quais se observa maior dependência de crédito e elevação dos custos de produção em busca de ganhos de eficiência. A relevância da monetização como condicionante da modernização agrícola também foi averiguada por Lobão e Staduto (2020).

Tabela 5: Cargas fatoriais após a rotação ortogonal e comunalidades obtidas na análise fatorial, 2017

| Variáveis | Cargas fatoriais |              |             |             |             | Comunalidades |
|-----------|------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
|           | FC1              | FC2          | FC3         | FC4         | FC5         |               |
| V1        | <b>0,89</b>      | 0,13         | 0,25        | 0,06        | -0,05       | 0,88          |
| V2        | <b>0,83</b>      | -0,10        | 0,35        | -0,10       | 0,03        | 0,83          |
| V3        | <b>0,80</b>      | -0,19        | -0,20       | 0,18        | 0,02        | 0,75          |
| V4        | <b>0,61</b>      | -0,24        | 0,02        | -0,23       | 0,34        | 0,60          |
| V5        | <b>0,51</b>      | -0,40        | 0,12        | -0,44       | 0,16        | 0,64          |
| V6        | 0,02             | <b>-0,74</b> | 0,14        | -0,10       | 0,22        | 0,67          |
| V7        | - 0,11           | <b>-0,71</b> | 0,52        | 0,06        | 0,14        | 0,81          |
| V8        | -0,11            | <b>0,67</b>  | -0,00       | 0,33        | 0,30        | 0,63          |
| V9        | -0,48            | <b>0,63</b>  | 0,16        | -0,21       | -0,16       | 0,73          |
| V10       | 0,07             | 0,12         | <b>0,81</b> | 0,13        | -0,05       | 0,70          |
| V11       | 0,34             | -0,30        | <b>0,66</b> | -0,16       | 0,05        | 0,67          |
| V12       | 0,05             | 0,05         | 0,04        | <b>0,90</b> | 0,20        | 0,66          |
| V13       | 0,02             | 0,20         | 0,19        | <b>0,62</b> | 0,06        | 0,78          |
| V14       | 0,05             | -0,37        | 0,19        | 0,16        | <b>0,81</b> | 0,74          |
| V15       | 0,10             | 0,22         | 0,16        | 0,10        | <b>0,80</b> | 0,85          |

Fonte: Elaborada pelos autores (2025) com base nos dados do Censo Agropecuário de 2017.

O Fator 3 (FC3) foi nomeado como *eficiência produtiva da terra*. Este fator reflete a eficiência do uso da terra na agricultura, considerando tanto a produtividade física (valor da produção por hectare) quanto à adoção de práticas agronômicas, como a adubação química e/ou orgânica. Ele representa um componente da modernização agrícola voltado para o incremento da produção por unidade de área, com base na incorporação de insumos e conhecimentos técnicos voltados ao solo.

O quarto fator (FC4) reflete a estrutura de apoio logístico presente nos estabelecimentos agropecuários, expressa pela disponibilidade de veículos por área e por trabalhador. Embora não envolva diretamente a mecanização do processo produtivo (como no caso dos tratores), trata-se de um componente importante da modernização agrícola, pois facilita o escoamento da produção, o acesso a insumos e a mobilidade no interior e no entorno das unidades produtivas. Nesse sentido, passa a ser caracterizado como *infraestrutura de transporte agrícola*.

Já o FC5 expressa o nível de mecanização agrícola nos estabelecimentos agropecuários, por meio da disponibilidade de tratores em relação à força de trabalho e à área explorada. Trata-se de um indicador clássico da modernização agrícola, apontando para a substituição do trabalho humano e animal por maquinário pesado, com

impactos diretos na produtividade e na eficiência operacional, denominado como *mecanização agrícola*.

A Tabela 6 apresenta a participação absoluta e relativa dos municípios da região de Sealba em relação à média dos escores fatoriais obtidos para cinco componentes principais (FC1 a FC5), a partir dos dados do Censo Agropecuário de 2017. Cada fator representa uma dimensão distinta da estrutura rural e produtiva da região, sendo possível observar o número de municípios com desempenho acima e abaixo da média de cada fator.

De maneira geral, observa-se que todos os municípios apresentam escores abaixo da média nos fatores, especialmente em FC1, FC3 e FC5. Especificamente, 63 municípios (38,64%) estão acima da média no fator F1, enquanto 108 (63,16%) estão abaixo. Situação semelhante ocorre no fator FC3, que apresenta o menor percentual de municípios com desempenho superior à média (33,92%), o que indica um forte desequilíbrio nesse componente. No fator FC5, o padrão se repete, com apenas 38,64% dos municípios acima da média e 63,16% abaixo.

Tabela 6: Participação absoluta e relativa de municípios de Sealba em relação à média dos escores fatoriais, 2017

| Municípios<br>(quant./prop.) | FC1   | FC2   | FC3   | FC4   | FC5   |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ↑ (quantidade)               | 63    | 81    | 58    | 71    | 63    |
| ↑ (proporção) (%)            | 38,64 | 47,37 | 33,92 | 41,52 | 38,64 |
| ↓ (quantidade)               | 108   | 90    | 113   | 100   | 108   |
| ↓ (proporção) (%)            | 63,16 | 52,63 | 66,08 | 58,48 | 63,16 |

Fonte: Elaborada pelos autores (2025) com base nos dados do Censo Agropecuário de 2017.

Por outro lado, os fatores FC2 e FC4 apresentam uma distribuição mais equilibrada entre municípios acima e abaixo da média. No fator FC2, 81 municípios (47,37%) estão acima da média e 104 (52,63%) abaixo. Já no fator FC4, 71 municípios (41,52%) têm desempenho superior à média, contra 100 (58,48%) com desempenho inferior.

Rastreando os dados processados, percebe-se que os municípios com maiores escores fatoriais para os fatores FC1, FC2, FC3, FC4 e FC5 foram, respectivamente,

Maceió, Coité do Noia, Moita Bonita, Moita Bonita e Paripiranga. Considerando essa ordem de fatores, os que apresentaram piores desempenhos nos escores fatoriais foram Santa Luzia do Norte (presente nos fatores 1 e 2)<sup>4</sup>, Itabi, Satuba e Itabaiana.

A discrepância dos escores fatoriais nas dimensões analisadas também foi identificada no estudo de Alcantara e Bacha (2023). Silva e Vian (2021) corroboram essas inferências, destacando que as regiões Norte e Nordeste apresentam, proporcionalmente, mais escores fatoriais abaixo da média em comparação com as demais regiões do Brasil.

### **Adoção tecnológica e reestruturação produtiva: como o Sealba responde em termos de PIB e emprego agropecuário**

Pela própria formulação matemática da análise fatorial com rotação ortogonal Varimax, os fatores resultantes não são correlacionados, eliminando o risco de multicolinearidade no modelo de regressão subsequente. A inclusão da matriz de correlação dos escores fatoriais alocada na Tabela 7 serve apenas como comprovação empírica.

A mesma Tabela 7 contempla as correlações de Pearson dos fatores mensurados pela análise fatorial, confirmando que a operacionalização dessa técnica de estatística multivariada ensejou fatores que não estão correlacionados, permitindo a utilização de um modelo de regressão, tendo em vista que as variáveis explicativas não possuem multicolineariedade.

Tabela 7: Matriz de correlação dos fatores mensurados pela técnica de análise fatorial

| Fatores | FC1  | FC2  | FC3  | FC4  | FC5  |
|---------|------|------|------|------|------|
| FC1     | 1,00 |      |      |      |      |
| FC2     | 0,00 | 1,00 |      |      |      |
| FC3     | 0,00 | 0,00 | 1,00 |      |      |
| FC4     | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |      |
| FC5     | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |

Fonte: Elaborada pelos autores (2025) com base nos dados do Censo Agropecuário de 2017.

<sup>4</sup> A recorrência de Santa Luzia do Norte entre os menores escores é um indicativo de baixo desempenho do município em mais de um fator analisado.

Após a confirmação de que os fatores não são correlacionados, procedeu-se a realização do teste de Wald, cujo p-valor indicou que a influência das variáveis explicativas não é a mesma em todos os pontos da distribuição condicional da variável dependente (exceto o quantil 0,75 para o PIB agropecuário), justificando o uso da regressão quantílica ao invés da regressão pela média (MQO). Logo, foram estimados os resultados do modelo de regressão quantílica para os seguintes quantis: 0,25; 0,50; e 0,75, conforme apresentado nas Tabelas 8 e 9.

Na Tabela 8 a seguir constam os efeitos positivos e estatisticamente significativos da *modernização técnico-produtiva* sobre o PIB agropecuário, notadamente no quantil mediano (0,50). Vale destacar que essa variável explicativa contempla a maior variância dos dados averiguados mediante a operacionalização da análise fatorial, que denota maior poder de explicação da modernização agrícola no Sealba.

Tabela 8: Estimações da regressão quantílica do logaritmo do PIB agropecuário em função dos fatores condicionantes da modernização agrícola na região de Sealba, 2017

| Variáveis     | Quantis                           |                                   |                                   |
|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|               | 0,25                              | 0,50                              | 0,75                              |
| Intercepto    | 9,4933*<br>(0,2646)               | 10,1619*<br>(0,2767)              | 10,9753*<br>(0,3279)              |
| FC1           | 0,3455**<br>(0,1441)              | 0,4565*<br>(0,1589)               | 0,2258 <sup>NS</sup><br>(0,1415)  |
| FC2           | 0,0758 <sup>NS</sup><br>(0,1511)  | -0,0056 <sup>NS</sup><br>(0,1786) | -0,0988 <sup>NS</sup><br>(0,1756) |
| FC3           | 0,3764*<br>(0,1303)               | 0,2350***<br>(0,1287)             | 0,1906 <sup>NS</sup><br>(0,1305)  |
| FC4           | -0,0955 <sup>NS</sup><br>(0,1289) | -0,1011 <sup>NS</sup><br>(0,1405) | -0,2197 <sup>NS</sup><br>(0,2181) |
| FC5           | 0,0582 <sup>NS</sup><br>(0,1496)  | 0,0946 <sup>NS</sup><br>(0,1805)  | 0,0959 <sup>NS</sup><br>(0,1617)  |
| DSA           | -0,0722 <sup>NS</sup><br>(0,3314) | 0,0946 <sup>NS</sup><br>(0,3355)  | 0,4310 <sup>NS</sup><br>(0,4156)  |
| Teste de Wald | 14,36                             | 13,57                             | 10,76                             |
| Prob >F       | 0,03                              | 0,03                              | 0,09                              |

Fonte: Elaborada pelos autores (2025) com base nos dados do Censo Agropecuário de 2017, Sistema de Contas Nacionais e RAIS. Notas: (1) erros-padrão *bootstrap* entre parênteses; (2) \* p<0,01, \*\* p<0,05 e \*\*\* p<0,1 e <sup>NS</sup> indicam, respectivamente, significância estatística a 10%, 5% e 1% e não significativo.

O FC3, denominado de *eficiência produtiva da terra*, foi positivo e estatisticamente significativo, com maior magnitude sobre os menores PIBs

agropecuários (0,25), conforme apresentado na Tabela 8. Nesse sentido, os fatores determinantes da modernização agrícola de Sealba impactam somente os menores PIBs agropecuários, sendo que os FC2, FC4 e FC5 não foram estatisticamente significativos, assim como no estudo de Batista *et al.* (2023) para o Matopiba, que dos sete fatores determinantes da modernização agrícola oriundos da análise fatorial, apenas três foram estatisticamente significativos.

Na Tabela 9, percebe-se que os coeficientes que mensuram o efeito da *modernização técnico-produtiva* (FC1) foram positivamente maiores para o estoque de empregos formais do setor agropecuário, quando comparado ao PIB agropecuário. No que tange à *intensidade do uso de capital financeiro na produção agrícola* (FC2), observa-se uma relação negativa com os empregos formais do setor agropecuário da região.

Os resultados encontrados para o FC2 convergem com a pesquisa de Silva Filho, Silva e Queiroz (2010), que demonstram que as atividades agrícolas inseridas no agronegócio experimentam expressivo processo de mecanização com fortes ganhos de produtividade, o que implica na melhoria da competitividade externa, por outro lado, provoca uma redução acentuada de mão de obra ocupada nas atividades de cultivo.

A *infraestrutura de transporte agrícola* (FC4) apresentou efeitos positivos, porém, de baixa magnitude (quantil 0,25) sobre o emprego formal agropecuário. Esse resultado sugere que, embora a melhoria das condições logísticas contribua para o escoamento da produção e o acesso a mercados, seus impactos sobre o emprego são essencialmente indiretos. Nesse sentido, **Lima, Campos e Alves (2022)** argumentam que o número de veículos impulsiona a economia regional, dinamizando a cadeia produtiva agrícola.

Apesar do impacto negativo do capital financeiro (FC2) sobre o emprego formal agropecuário (quantis 0,25 e 0,75), observa-se que o volume de tratores (FC5) apresentou efeito positivo no quantil 0,75. Esse aparente paradoxo pode ser compreendido à luz da natureza diferenciada desses indicadores. O capital financeiro tende a representar um conjunto mais amplo e abstrato de investimentos, muitos dos quais estão associados à intensificação tecnológica e à racionalização dos processos produtivos, frequentemente com efeitos poupadores de mão de obra. Tal constatação foi averiguada em Silva e Vian (2021).

Tabela 9: Estimacões da regressão quantílica do logaritmo do emprego formal agropecuário em função dos fatores condicionantes da modernização agrícola na região de Sealba, 2017

| Variáveis     | Quantis                           |                                   |                                  |
|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
|               | 0,25                              | 0,50                              | 0,75                             |
| Intercepto    | 2,4841*<br>(0,2760)               | 3,1509*<br>(0,3067)               | 4,0765*<br>(0,3801)              |
| FC1           | 0,3746***<br>(0,2142)             | 0,4600**<br>(0,1875)              | 0,3004 <sup>NS</sup><br>(0,2315) |
| FC2           | -0,3136***<br>(0,1700)            | -0,1279 <sup>NS</sup><br>(0,1835) | -0,4295**<br>(0,2190)            |
| FC3           | -0,2163 <sup>NS</sup><br>(0,1846) | -0,1452 <sup>NS</sup><br>(0,2201) | 0,2868 <sup>NS</sup><br>(0,2217) |
| FC4           | 0,3925**<br>(0,1649)              | 0,2067 <sup>NS</sup><br>(0,1823)  | 0,2935 <sup>NS</sup><br>(0,2844) |
| FC5           | -0,0522 <sup>NS</sup><br>(0,1876) | 0,1816 <sup>NS</sup><br>(0,1908)  | 0,2702***<br>(0,1620)            |
| DSA           | 0,7631**<br>(0,3664)              | 1,1289*<br>(0,3636)               | 0,9585**<br>(0,4887)             |
| Teste de Wald | 21,93                             | 20,69                             | 28,66                            |
| Prob >F       | 0,00                              | 0,00                              | 0,00                             |

Fonte: Elaborada pelos autores (2025) com base nos dados do Censo Agropecuário de 2017, Sistema de Contas Nacionais e RAIS. Notas: (1) erros-padrão *bootstrap* entre parênteses; (2) \* p<0,01, \*\* p<0,05 e \*\*\* p<0,1 e <sup>NS</sup> indicam, respectivamente, significância estatística a 10%, 5%, 1% e não significativo.

O resultado negativo do fator FC2 sobre o emprego, relacionado à *intensidade do uso de capital financeiro*, pode ser explicado pela crescente automação e modernização dos processos produtivos na agricultura. O maior uso de capital financeiro possibilita a adoção de tecnologias que substituem mão de obra, reduzindo a demanda por trabalhadores em determinadas etapas da produção, principalmente nas lavouras temporárias. Essa constatação está alinhada com a literatura que aponta que o avanço tecnológico tende a reduzir postos de trabalho em atividades manuais e repetitivas, promovendo uma substituição gradual da mão de obra por máquinas e sistemas automatizados.

Por seu turno, o volume de tratores, denominado de *mecanização agrícola*, representa a infraestrutura física que, além de aumentar a capacidade operacional da produção, **pode demandar força de trabalho especializada para operação, manutenção e logística**, especialmente em contextos produtivos de menor escala ou tecnicamente intermediários. Assim, a mecanização agrícola nem sempre implica substituição do trabalho, podendo inclusive gerar empregos formais em determinadas situações produtivas.

Os resultados deste estudo estão em consonância com os achados de Bernadelli *et al.* (2024) que, ao analisarem o mercado formal agropecuário brasileiro, identificaram uma forte associação positiva entre a introdução de máquinas e equipamentos no campo e o aumento do número de empregos formais.

Ademais, conforme esperado, a variável *dummy* do semiárido (DSA) confirmou a teoria indicada pela literatura, de que municípios situados em regiões com menor incidência de chuvas enfrentam desvantagens para a prática de atividades agrícolas, em comparação com aqueles localizados em áreas com melhor distribuição pluviométrica. Vale ressaltar que o efeito observado é positivo e estatisticamente significativo, especialmente quando se utiliza o logaritmo do emprego formal agropecuário como variável dependente, mostrando um impacto mais acentuado no quantil mediano (0,50).

### **Breves recomendações para medidas de políticas públicas no Sealba**

Com base nos resultados obtidos, é possível delinear algumas medidas estratégicas que podem potencializar o processo de modernização agrícola na região de Sealba. Em primeiro lugar, considerando que a modernização técnico-produtiva da agricultura apresentou impacto relevante sobre o PIB agropecuário nos níveis inferiores e intermediários da distribuição, recomenda-se ampliar programas de assistência técnica e extensão rural, priorizando pequenos e médios produtores, para difundir tecnologias de manejo, irrigação e práticas sustentáveis que aumentem a eficiência produtiva.

Em segundo plano, o efeito negativo da *intensidade do uso de capital financeiro* sobre o emprego formal agropecuário sugere a relevância de políticas que conciliem mecanização com geração de trabalho. Isso poderia ser alcançado por meio de linhas de crédito rural voltadas para investimentos que combinem modernização tecnológica e manutenção de postos de trabalho, como tecnologias poupadoras de esforço físico, mas não necessariamente poupadoras de mão de obra.

Do mesmo modo, a menor variância observada no fator *mecanização agrícola* revela um déficit relativo de infraestrutura de máquinas. Nesse sentido, programas de financiamento para aquisição compartilhada de tratores e equipamentos, operados via cooperativas e associações de produtores, podem viabilizar o acesso à mecanização por parte de estabelecimentos de menor porte.

Por fim, considerando a localização estratégica de Sealba em relação aos mercados internacionais, políticas de melhoria da infraestrutura logística, especialmente transporte rodoviário e portuário, têm potencial para reduzir custos de escoamento, aumentando a competitividade regional no médio e longo prazo.

## Considerações finais

Os resultados obtidos mediante a análise fatorial indicaram que 74,02% da variância total dos dados podem ser explicadas por cinco fatores representativos: *modernização técnico-produtiva*; *intensidade do uso de capital financeiro na produção agrícola*; *eficiência produtiva da terra*; *infraestrutura de transporte agrícola*; e *mecanização agrícola*. Esses fatores sintetizam o conjunto das 15 variáveis consideradas para os 171 municípios da região de Sealba, localizada no Nordeste brasileiro.

Quando se analisaram os determinantes sobre o emprego formal agropecuário, notou-se que eles são mais expressivos que aqueles observados sobre o PIB agropecuário, embora não atinjam os níveis mais elevados da distribuição. A *intensidade do uso de capital financeiro* na produção agrícola apresentou impacto negativo sobre o emprego formal agropecuário, sobretudo nos níveis superiores. Uma provável justificativa para esse resultado é que o capital financeiro esteja mais concentrado em grandes estabelecimentos, que, por contarem com maior acesso ao crédito, operam com estruturas produtivas mais mecanizadas e menos dependentes da contratação formal de mão de obra.

No tange aos determinantes dos fatores condicionantes da modernização agrícola sobre o PIB agropecuário, destaca-se a *modernização técnico-produtiva*, que apresentou os impactos mais significativos entre as variáveis explicativas. No entanto, seus determinantes se concentram nos níveis inferiores e intermediários da distribuição, não alcançando os estratos superiores.

Nessa perspectiva, investir nos fatores determinantes da modernização agrícola no Sealba é relevante, principalmente para os exportadores de *commodities*, tendo em vista a maior proximidade geográfica dessa região com os mercados consumidores internacionais (Europa e Estados Unidos), em comparação com outras fronteiras

agrícolas, como o Matopiba e o Centro-Oeste. Essa localização estratégica reduz os custos de transporte e incorpora ganhos de competitividade no médio e longo prazo.

Para o fortalecimento do processo de modernização agrícola no Sealba, é imprescindível investir nos fatores determinantes identificados pela análise fatorial. Dentre eles, destaca-se o fator relacionado ao investimento em capital fixo, representado pela razão entre o número de tratores e a área explorada (AE), bem como o equivalente-homem (EH).

Em adição, o fator denominado de *mecanização agrícola* apresentou a menor variância, o que indica a necessidade de ampliação física do número de tratores para elevar o nível de modernização dos estabelecimentos agropecuários da região. Concluindo, é possível inferir que a região de Sealba ainda está em vias de modernização agrícola, demandando maior volume de investimentos produtivos.

É importante reconhecer que as inferências apresentadas derivam de dados transversais referentes ao ano de 2017. Nessa perspectiva, os resultados obtidos revelaram associações entre as variáveis analisadas, mas não permitem estabelecer relações de causa e efeito. Estudos longitudinais (regressão múltipla com dados em painel e/ou séries temporais) poderiam contribuir para aprofundar a compreensão dessas relações, permitindo captar dinâmicas ao longo do tempo e fornecer evidências relativamente mais robustas para a formulação de políticas públicas voltadas ao setor.

Para pesquisas futuras, seria interessante comparar o nível tecnológico da fronteira agrícola de Sealba com o dos cerrados nordestinos, que abrangem parte do Matopiba, por meio da construção de indicadores sintéticos. Esses indicadores poderiam ser correlacionados com o volume de crédito rural destinado ao custeio e investimento nessas regiões, possibilitando uma avaliação mais precisa dos efeitos das políticas públicas sobre o processo de modernização agrícola nas fronteiras produtivas do Nordeste.

## Referências

ALCANTARA, I. R.; BACHA, C. J. C. A modernização desigual da agropecuária brasileira de 2006 a 2017. **Revista de economia contemporânea**, [S/l], v. 27, p. 1-25, 2023.

ARAÚJO, J. B. **Mercado de trabalho e desigualdade: o Nordeste brasileiro nos anos 2000**. 2017. 319 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

ARAÚJO, T. B. **Nordeste, Nordestes: Que Nordeste? ensaios sobre o desenvolvimento brasileiro: heranças e urgências**. Rio de Janeiro: Fase, 2020.

BERNARDELLI, L. V.; CASTRO, G. H. L.; GOBI, J. R.; MICHELLON, E.; VIEIRA FILHO, J. E. R. O impacto da modernização agrícola no mercado de trabalho formal brasileiro. **Economia & Região**, [S/l], v. 12, p. 1-25, 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Cadastro Geral de Empregados e Desempregados – CAGED**. 2010–2019. Disponível em: <http://bi.mte.gov.br/bgcaged/rais.php>. Acesso em: 12 ago. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Rais – Relação anual de informações sociais**. Dados e Estatísticas da Relação Anual de Informações Sociais – Rais. Disponível em: <http://bi.mte.gov.br/bgcaged/rais.php>. Acesso em: 12 fev. 2025.

CHAO LI, S. *et al.* **Analysis of main indexes of agricultural modernization in Shanxi Province**. In: EDP Sciences, [S/l], v. 131, p. 1-4, 2019.

COSTA FILHO, João da; CRUZ, Marcos Paulo Mesquita; LIMA, Felipe Augusto Xavier; ARAUJO, Jair Andrade de. Nível de modernização na agricultura familiar do semiárido no Estado do Ceará. **Revista brasileira de planejamento e desenvolvimento**, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 242-265, 2023. Disponível em: <http://www.periodicos.utfpr.edu.br/rbpd/article/view/15449>. Acesso em: 12 fev. 2025.

COSTA, Caio César de Medeiros; FERREIRA, Marco Aurélio Marques; BRAGA, Marcelo José; ABRANTES, Luiz Antônio. Fatores associados à eficiência na alocação de recursos públicos à luz do modelo de regressão quantílica. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 49, n. 5, p. 1319-1347, 2015. Disponível em: <http://periodicos.fgv.br/rap/article/view/54994>. Acesso em: 12 fev. 2025.

DIAS, Thyena Karen Magalhães; CAMPOS, Kilmer Coelho. Índice de modernização da agricultura familiar no Nordeste do Brasil. **Revista de política agrícola**, [S.L.], v. 31, n. 4, p. 72-84, 2022. Disponível em: <http://rpa.sede.embrapa.br/RPA/article/view/1774>. Acesso em: 12 fev. 2025.

FÁVERO, Luiz Paulo Lopes; BELFIORE, Patrícia Prado; SILVA, Fabiana Lopes da; CHAN, Betty Lilian. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 646 p.

GALLE, Vitor. **Fatores determinantes da modernização agrícola na Região Sul do Brasil**. 2021. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Universidade Federal de Santa Maria, Palmeira das Missões, 2021.

GOMES, Frederico Pimentel. **Curso de estatística experimental**. 13ª ed. São Paulo: Nobel, 1990. 468 p.

HAIR JÚNIOR, Joseph F.; ANDERSON, Rolph E.; TATHAM, Ronald L.; BLACK, William C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p.

HARDLE, Wolfgang Karl; SIMAR, Leopoldo. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 4. ed. Berlin: Springer, 2015. 580 p.

HOFFMANN, Rodolfo. A dinâmica da modernização da agricultura em 157 microrregiões homogêneas do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 271-290, 1992. Disponível em: <http://revistasober.org/journal/resr/article/5ea0bed40e8825b12cc84922>. Acesso em: 12 fev. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. 2025. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 fev. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário de 2017**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 02 mar. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto Interno Bruto dos Municípios 2019**. Contas Nacionais. Brasília: IBGE, 2021. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2021/12/ibge-PIB-munici%CC%81pios-2019.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2025.

JANNAT, Arifa. *et al.* Impact assessment of agricultural modernization on sustainable livelihood among tribal and non-tribal farmers in Bangladesh. **GeoJournal**, [S/l], v. 86, p. 399-415, 2019.

KOENKER, Roger; BASSET, Gilbert. Regression quantiles. **Econometrica**, [S/l], v. 46, n. 1, p.33-50, 1978.

LIMA, Gércia Cunha de; CAMPOS, Kilmer Coelho.; ALVES, Antonia Gislayne Moreira. Índice de modernização agrícola na Região Nordeste. **Revista Interações**, Campo Grande, v. 23, n. 2, p.347-362, 2022. Disponível em: <http://interacoes.ucdb.br/interacoes/article/view/3158>. Acesso em: 10 fev. 2025.

LOBÃO, Mário Sérgio Pedroza; STADUTO, Jefferson Andronio Ramundo. Modernização agrícola na Amazônia. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília v. 58, n.2, p.1–18. 2020.

MADEIRA, Soraia Araújo; Khan, Ahmad Saeed; SOUSA, Pinheiro Eliane de; BARROS, Fabiano Luiz Alves. Análise da modernização agrícola cearense no período de 1996 e 2006. **Revista Geosul**, Florianópolis, v. 34, n. 72, p. 307-334, 2019. Disponível em: <http://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/1982-5153.2019v34n72p307>. Acesso em: 10 fev. 2025.

MATOS, Patrícia Francisca; PESSOA, Vera Lúcia Salazar. A modernização da agricultura no Brasil e os novos usos do território. **Revista Geo UERJ**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 22, p. 290-322, 2011. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/2456>. Acesso em: 10 fev. 2025.

MINGOTI, Sueli Aparecida. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005, 295 p.

OLIVEIRA, Renata Benício de. **Eficiência do setor agropecuário nordestino e seus determinantes: uma análise para 2006 e 2017**. 2021. 96 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

PACHECO, Carlos Américo. **Fragmentação da nação**. Campinas, SP: Unicamp, 1998. 291 p.

PEREIRA, Caroline Nascimento; CASTRO, César Nunes de; PORCIONATO, Gabriela Lanza. Expansão da agricultura no Matopiba e impactos na infraestrutura regional. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 65, n. 1, p. 15-33, 2018.

PROCÓPIO, Diego Pierotti; COMINETI, Camila da Silva Serra; GUIMARAES, Izabela Leite Ribeiro; FEUSER, Noellen Silva Amorim. Modernização agropecuária no Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 16, p. 1-20, 2023.

PROCÓPIO, Sérgio de Oliveira. *et al.* **Sealba: região de alto potencial agrícola do Nordeste**. 1ª ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2019, 37 p.

RAMACIOTI, Ivana. No tabuleiro do Sealba tem... **Plant Project**, [S/l], v.10, p. 85-90. 2018. Disponível em: <https://plantproject.com.br/2018/09/fronteira-11-no-tabuleiro-dosealba-tem/>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SANTOS, Gilvan Faria dos. **Interação da pluviometria com a produção de lavouras alimentares de sequeiro na sub-região Nordestina do Sealba, Brasil**. 2024. 78 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

SANTOS, Crislaine Aparecida Pereira dos; SANO, Edson Eyji; SANTOS, Pablo Santana. Formação do Índice de Modernização da fronteira agrícola - Oeste da Bahia. **Revista Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 32, p. 98-115, 2018.

SANTOS, Flávio dos; CAMPOS, Christiane Senhorinha Soares. O avanço da sojicultura no nordeste brasileiro: reflexões iniciais sobre a região do Sealba. **Diversitas Journal**, Alagoas, v. 5, n. 1, p. 203-220, 2020.

SANTOS, Luan Oliveira; CAMPOS, Kilmer Coelho. Modernização da agropecuária dos municípios do Estado do Ceará. **Economia & Região**, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 115-130,

2021. Disponível em: <http://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/ecoreg/article/view/40187>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SILVA, José Graziano da; KAGEYAMA, Angela A. Emprego e relações de trabalho na agricultura brasileira: Uma análise dos dados censitários de 1960, 1970 e 1975.

**Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 13, n. 1, p. 235-266, 1983. Disponível em: <http://ppe.ipea.gov.br/index.php/ppe/article/view/384>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SILVA, Rodrigo Peixoto da; VIAN, Carlos Eduardo de Freitas. Padrões de modernização na agropecuária brasileira em 2006. **Revista de economia aplicada**, São Paulo, v. 25, n.1, p.33-64, 2021. Disponível em: <http://revistas.usp.br/ecoa/article/view/160541>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SILVA, Ewerton Hallan Lima. **Zoneamento agroclimático e potencial de rendimento da soja na região do Sealba**. 2023. 74 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2022.

SILVA FILHO, Luís Abel; SILVA, Jorge Luiz Mariano da; QUEIROZ, Silvana Nunes de. Avaliação empírica do emprego formal agropecuário no Centro-Oeste - 2000/2008. **Revista Perspectiva Econômica**, [S/l], v. 6, n. 2, p.01-22, 2010.

SOUZA, Reginaldo Farias de; KHAN, Ahmad Saeed. Modernização da agricultura e hierarquização dos municípios maranhenses. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 81-104, 2001. Disponível em: <http://revistasober.org/article/5d8ba05e0e88259741f2a2f5>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SOUZA, Paulo Marcelo de; LIMA, João Eustáquio de. Intensidade e dinâmica da modernização agrícola no Brasil e nas Unidades de Federação. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 4, p. 795–824. 2003. Disponível em: <http://periodicos.fgv.br/rbe/article/view/859>. Acesso em: 12 fev. 2025.

TEIXEIRA, Jodenir Calixto. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas, v. 2, n. 2, p. 21-42, 2005. Disponível em: <http://periodicos.ufms.br/index.php/RevAGB/article/view/1339>. Acesso em: 12 fev. 2025.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro; GASQUES, José Garcia; RONSOM, Sílvia. Inovação e expansão agropecuária brasileira. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G (org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos do Censo Agropecuário**. Brasília: IPEA, IBGE, 2020. p. 121 - 134. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10339>. Acesso em: 12 fev. 2025.

WANG, Yuancong; ZHOU, Qing Yuan. Evaluation of development of agricultural modernization in Central China. **International Conference on Electronic Engineering and Computer Science**, Shanghai: IERI Procedia, v. 4, p. 417-424, 2013.

### **Autores**

---

**José Ediglê Alcantara Moura** – É graduado em Economia pela Universidade Regional do Cariri (URCA) e mestre em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Atualmente é Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará (UFC).

**Endereço:** Av. Mister Hull, 2977 – Campus do Pici, Bloco 826. Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP: 60356-001.

**Filipe Augusto Xavier Lima** – É Graduado em Agronomia e Licenciatura em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Mestre em Extensão Rural e Desenvolvimento Local pela UFRPE e Doutor em Extensão Rural pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Atualmente é Professor na área de Extensão e Desenvolvimento Rural, vinculado ao Departamento de Economia Agrícola (DEA) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

**Endereço:** Av. Mister Hull, 2977 – Campus do Pici, Bloco 826. Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP: 60356-001.

---

**Artigo recebido em: 30 de julho de 2025.**

**Artigo aceito em: 23 de setembro de 2025.**

**Artigo publicado em: 25 de setembro de 2025.**