



CONFIGURAÇÕES ESPACIAIS E TRANSFORMAÇÃO DOS SISTEMAS REGIONAIS DE INOVAÇÃO EM MINAS GERAIS: UMA ABORDAGEM BASEADA EM PADRÕES MUNICIPAIS (2010–2022)

**SPATIAL CONFIGURATIONS AND THE TRANSFORMATION
OF REGIONAL INNOVATION SYSTEMS IN MINAS GERAIS: A
MUNICIPAL PATTERN-BASED APPROACH (2010–2022)**

CONFIGURAÇÕES ESPACIAIS E TRANSFORMAÇÃO DOS SISTEMAS REGIONAIS DE INOVAÇÃO EM MINAS GERAIS: UMA ABORDAGEM BASEADA EM PADRÕES MUNICIPAIS (2010–2022)

SPATIAL CONFIGURATIONS AND THE TRANSFORMATION OF REGIONAL INNOVATION SYSTEMS IN MINAS GERAIS: A MUNICIPAL PATTERN-BASED APPROACH (2010–2022)

Patrine Soares Santos¹ | Ulisses Pereira dos Santos² | Alice Alves da Silva³

Recebimento: 27/08/2025
Aceite: 28/08/2026

¹ Doutoranda em Economia (UFMG).
Belo Horizonte – MG, Brasil.
E-mail: patrineeco15@gmail.com

³ Bacharel em economia (FACE/UFMG).
Belo Horizonte – MG, Brasil.
E-mail: alicealvesuf@gmail.com

² Doutor em Economia (UFMG).
Professor da Universidade Federal de Minas Gerais.
Belo Horizonte - MG, Brasil.
E-mail: ulisses@cedeplar.ufmg.br

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo analisar a estrutura e a dinâmica espacial dos sistemas regionais de inovação (SRI) em Minas Gerais, a partir da identificação de padrões municipais nos anos de 2010 e 2022. Utilizando técnicas de análise multivariada, os municípios foram agrupados segundo características científicas, tecnológicas e urbanas, o que permitiu identificar diferentes estágios de maturidade inovativa. Os resultados evidenciam a persistência de um padrão concentrado, com poucos municípios reunindo maior capacidade de inovação, sobretudo na porção sul do estado, enquanto os demais permanecem em níveis incipientes. Apesar dos avanços nos indicadores de todos os SRIs, não se observa reconfiguração significativa na distribuição espacial da inovação no estado, no período analisado.

Palavras-chave: Sistemas Regionais de Inovação. Desenvolvimento Regional. Minas Gerais. Ativos de Ciência e Tecnologia.

ABSTRACT

This paper aims to analyze the structure and spatial dynamics of regional innovation systems (RIS) in the state of Minas Gerais, Brazil, through the identification of municipal patterns for the years 2010 and 2022. Using multivariate analysis techniques, municipalities were grouped according to scientific, technological, and urban characteristics, allowing the identification of different stages of innovative maturity. The results reveal the persistence of a concentrated pattern, with only a few municipalities exhibiting greater innovative capacity, particularly in the southern portion of the state, while most municipalities remain at incipient levels. Although all RIS groups showed improvements in their indicators over the period analyzed, no significant reconfiguration in the spatial distribution of innovation across the state was observed.

Keywords: Regional Innovation Systems. Regional Development. Minas Gerais. Science and Technology Assets.

1 INTRODUÇÃO

O fortalecimento da competitividade e a expansão do crescimento econômico configuram-se como bases fundamentais para o desenvolvimento local e são, portanto, objetivos centrais das políticas econômicas. É a partir dessa perspectiva que a abordagem neoschumpeteriana explora extensivamente o papel da inovação como determinante nesse processo. Nesse sentido, as economias dotadas de capacitações locais para o aprendizado e a inovação tendem a ocupar uma posição de vanguarda na trajetória de crescimento no longo prazo (Freeman; Soete, 2008). O desenvolvimento dessas capacitações, por sua vez, perpassa a presença e a interação dos agentes envolvidos na difusão do conhecimento, o que confere à inovação um caráter sistêmico, reforçado, principalmente pela proximidade geográfica. Essa concepção é o alicerce da abordagem de sistemas regionais de inovação (SRI), a partir da qual o processo inovativo é condicionado territorialmente. Desse modo, o desenvolvimento de novas tecnologias está ligado à transmissão de conhecimento associada à proximidade geográfica, sendo o contexto regional um fator determinante para o seu sucesso (Asheim; Gertler, 2005).

Tanto a presença dos atores associados à atividade inovativa quanto a integridade da interação entre eles são condições fundamentais para o dinamismo dos SRIs, que permitem às regiões se desenvolverem tecnologicamente. No contexto brasileiro, essas relações, em geral, não são plenamente estabelecidas, visto que a literatura especializada aponta para um baixo desenvolvimento dos sistemas, associado à acentuada desigualdade regional (Albuquerque 1996; Barros, 2000; Santos, 2017; Santos; Mendes, 2018). Dessa forma, ao considerar as conclusões obtidas em tais trabalhos sobre o caso brasileiro, é perceptível o cenário de imaturidade e atraso da atividade inovativa no qual o país se insere.

Essas características, contudo, não se limitam ao cenário nacional como um todo, podendo também se refletir na esfera intraestadual. Conforme Santos (2008), o sistema de inovação de Minas Gerais pode ser considerado um retrato do SNI brasileiro, o qual foi alicerçado no decorrer do processo de substituição de importações ocorrido ao longo da segunda metade do século XX. Por tal condição, esse sistema de inovação, apesar de ser um dos mais desenvolvidos do país, pode ser considerado ainda imaturo. Em vista disso, este trabalho tem como objetivo analisar a



estrutura e a dinâmica espacial dos sistemas regionais de inovação em Minas Gerais, a partir da identificação de padrões municipais nos anos de 2010 e 2022. Por meio da aplicação de técnicas de análise multivariada, busca-se agrupar os municípios segundo suas características científicas, tecnológicas e urbanas, o que permite identificar diferentes estágios de maturidade na promoção de atividades inovativas. Além disso, a abordagem comparativa entre os dois períodos possibilita analisar mudanças na inserção dos municípios nesses grupos, evidenciando trajetórias de avanço, estagnação ou reconfiguração nos SRIs ao longo do tempo.

Ao oferecer uma leitura dinâmica da organização espacial da inovação em Minas Gerais, o estudo contribui para o avanço do debate sobre a evolução dos sistemas regionais de inovação em economias periféricas, além de fornecer subsídios relevantes para o desenho de políticas públicas voltadas à promoção do desenvolvimento regional e à redução das desigualdades. Desse modo, o artigo está organizado em mais quatro seções. Na próxima, são apresentados os principais fundamentos teóricos da literatura sobre SRIs e o contexto de Minas Gerais nessa temática; na seção 3, descrevem-se as variáveis e os procedimentos metodológicos adotados; na seção 4, são discutidos os resultados obtidos; por fim, na seção 5, sintetizam-se as principais contribuições do estudo.

2 SISTEMAS REGIONAIS DE INOVAÇÃO E A DINÂMICA TERRITORIAL DA INOVAÇÃO

A literatura neoschumpeteriana consolidou a percepção de que o conhecimento e a inovação constituem elementos centrais para a competitividade, o crescimento econômico e o desenvolvimento regional. Nessa perspectiva, a inovação deixa de ser compreendida como um processo linear e passa a ser entendida como resultado de interações entre diferentes agentes econômicos e institucionais, envolvendo aprendizado contínuo, produção de conhecimento e difusão tecnológica (Freeman; Soete, 2008). Ao mesmo tempo, ganha relevância a percepção de que esses processos não ocorrem de forma homogênea no espaço, sendo condicionados pelas características territoriais nas quais os agentes estão inseridos.



Ao discutir a dinâmica territorial da inovação, torna-se imperativo distinguir os conceitos de crescimento econômico e desenvolvimento regional. Conforme elucidam Oliveira e Quinteiros (2011) e Vieira e Santos (2012), enquanto o crescimento econômico foca estritamente na expansão da capacidade produtiva e na evolução de indicadores macroeconômicos agregados, o desenvolvimento pressupõe mudanças estruturais que resultem na melhoria do padrão de vida da população e em uma distribuição mais equitativa da riqueza regional produzida. Sob esse prisma, a inovação deixa de ser uma mera ferramenta de concorrência corporativa e assume o papel de mola-mestra da coesão socioespacial. De acordo com Almeida, Silva e Oliveira (2014), o estímulo às atividades inovativas localizadas atua como um mecanismo atenuador das “incoerências do crescimento”, pois gera vantagens competitivas endógenas capazes de promover um desenvolvimento regional mais uniforme e sustentável. Assim, a consolidação de sistemas regionais de inovação (SRIs) estruturados e a consequente desconcentração dos ativos de C&T são condições fundamentais para que as regiões periféricas superem suas fragilidades históricas e participem ativamente da trajetória de desenvolvimento.

Conforme Garcia *et al* (2022), o SRI consiste em um sistema em que agentes e subsistemas interagem entre si para gerar, explorar e aplicar conhecimento, a fim de obter novos produtos e processos produtivos que transformem a realidade das regiões. As firmas que compõem o SRI estão inseridas no subsistema de exploração e de aplicação do conhecimento. Ademais, configuram-se como os principais agentes impulsionadores dos processos de inovação. Elas, ao mesmo tempo, interagem com o subsistema de geração e de disseminação do conhecimento, que é composto por universidades, institutos públicos de pesquisa, centros de prestação de serviços técnicos e tecnológicos e organismos de capacitação e treinamento da mão de obra. Essas instituições provêm atividades de apoio e se dedicam à geração e à disseminação de novos conhecimentos junto às empresas locais. A base estrutural para um sistema regional de inovação é composta, portanto, pela aglomeração de um conjunto de firmas, que interagem entre si, com centros e institutos de pesquisa de ensino superior e de pós-graduação e em laboratórios privados de P&D. Além disso, relacionam-se com agências de transferência de tecnologia, associações comerciais e departamentos governamentais, que são relevantes para a atividade de inovação e para o desenvolvimento econômico (Cooke, 1998).

Dado que a inovação não é linear, mas sistêmica e dependente da interação de diferentes agentes que geram, compartilham e absorvem conhecimento, é possível inferir que há um processo desigual de inovação entre as regiões, principalmente influenciado pela maturação de cada sistema regional de inovação, ou seja, diferentes tipos de regiões geralmente enfrentam desafios sistêmicos específicos (Isaksen, 2001; Tödtling; Trippl, 2005). É justamente a partir desse entendimento que se desenvolve um conjunto de estudos empíricos voltados a dimensionar e caracterizar os sistemas regionais de inovação no Brasil. Em linhas gerais, esses trabalhos procuram mapear a distribuição espacial de ativos e capacidades ligadas à inovação, como patenteamento, produção científica, pessoal envolvido em P&D, presença de universidades e instituições de pesquisa, a fim de identificar os fatores que distinguem os diferentes contextos regionais e os graus de maturidade de seus sistemas de inovação (Albuquerque, 1996; Barros, 2000; Santos, 2017; Santos; Mendes, 2018).

Albuquerque (1996), por exemplo, analisa a atividade do sistema de inovação brasileiro por meio da distribuição espacial de patentes como medida de desempenho do setor produtivo e das publicações científicas como *proxy* do desempenho da infraestrutura nacional de pesquisa. As evidências encontradas para o Brasil da década de 1990 indicam um cenário de fraco desenvolvimento de inovações, com baixo envolvimento das empresas em P&D. Do ponto de vista da produção de conhecimento científico, Barros (2000) destaca a desigualdade da base técnico-científica brasileira entre as macrorregiões do país. O autor argumenta que a região Sudeste, além de abrigar a maioria dos centros de pesquisa de excelência, canaliza grande parte dos investimentos federais destinados à ciência e à tecnologia.

Santos (2017), por sua vez, traça um paralelo entre a desigualdade econômica regional e o desenvolvimento do sistema de inovação brasileiro. Com base na análise de dados selecionados – de patentes, artigos científicos e profissionais que ministram em cursos de pós-graduação no Brasil – para as microrregiões brasileiras durante a década de 2000, são revelados sinais de desnível regional. Adicionalmente, Santos e Mendes (2023), a partir de dados de patentes para os anos de 2010 e 2015, observam uma descentralização da atividade inovativa no país. Foi atestado que, em 2010, um total de 1.076 municípios brasileiros possuíam pedidos de patentes, número que cresceu timidamente em 2015, passando para 1.295, o que representa 23% dos municípios. Entretanto, os resultados ainda reforçam a tendência de desigualdade regional, dado que há concentração desses municípios inovadores nas regiões Sul e Sudeste do país.



Desse modo, os resultados apontados revelam que o caso brasileiro é marcado por um processo de desenvolvimento inovativo desigual, condicionado pela distribuição heterogênea de ativos científicos, tecnológicos e institucionais no território. Tal padrão evidencia que, mesmo no interior de um sistema nacional de inovação, as dinâmicas regionais assumem configurações distintas, refletindo diferentes estágios de desenvolvimento dos SRIs. Essa heterogeneidade não se manifesta apenas entre as grandes regiões do país, mas também no interior das próprias unidades federativas, onde coexistem áreas com elevada densidade de capacidades inovativas e outras marcadas por fragilidades estruturais. Nesse sentido, a análise em escala subnacional torna-se fundamental para compreender como os ativos e as interações que sustentam a inovação se distribuem no território e como influenciam as trajetórias de desenvolvimento regional.

É sob essa perspectiva que se insere a análise do estado de Minas Gerais. Nos últimos 20 anos, o estado vem consolidando seu sistema de inovação, por meio do fortalecimento de suas atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação - PD&I, com a criação de universidades federais, parques tecnológicos e centros de pesquisa; com o estabelecimento de unidades adicionais dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia; o surgimento de novas empresas e a implementação de legislações que incentivam a inovação e o empreendedorismo como a Lei nº 17.348/2008, que dispõe sobre o incentivo à inovação tecnológica no estado, e a Lei nº 23.793/2021, que busca promover a criação de *startups* (Carvalho, 2025).

Conforme a Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de Minas Gerais – SEDE (2025)¹, 60% desse sistema de inovação são compostos por Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT), sejam públicas ou privadas, que desenvolvem atividades de pesquisa científica, tecnológica e são fundamentais para a produção de conhecimento no estado. Já 24% referem-se aos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (INCT), que possuem programas de pesquisa e de desenvolvimento financiados pelo governo brasileiro. Os Núcleos de Inovação Tecnológica (NITS) representam 11% do PD&I de Minas Gerais. Eles são estruturas presentes em algumas instituições de pesquisa e universidades do estado, que têm o propósito de facilitar a transferência de tecnologia da academia para o setor empresarial. E os outros 5% são compostos por 08 parques tecnológicos e 13 unidades da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial), que fornecem suporte tecnológico às empresas industriais.

1 <https://desenvolvimento.mg.gov.br/inicio/projetos/projeto/1140>

O fortalecimento do sistema de inovação mineiro tem trazido resultados importantes para a produção de conhecimento no estado e para o desenvolvimento de suas capacidades inovativas. Consoante dados da SEDE (2025), o estado ocupa o segundo lugar no *ranking* brasileiro em número de empresas de tecnologia e informação (TI), com mais de 800 apenas no segmento de licenciamento de *software*. Além disso, conforme o mapeamento da Associação Brasileira de *Startups* (Abstartups)², Minas Gerais é o terceiro estado do país com a maior concentração desse tipo de empresa. Ao todo, reúne 9,5% das *startups* do país, estando atrás de São Paulo (32,5%) e Santa Catarina (12,6%). Também se destacou na invenção de patentes, no período entre 2000 e 2023, que corresponde aos anos disponibilizados na base de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Minas Gerais foi o segundo estado com maior depósito de patentes (10,5%), ficando atrás apenas de São Paulo, que abrange cerca de 35% de toda produção nacional.

Apesar desses números, observa-se uma distribuição desigual no espaço das instituições que compõem o sistema de inovação mineiro. Quase 60% das Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT) estão localizadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte, no Sul/Sudoeste de Minas e no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Ademais, somente essas regiões possuem parques tecnológicos e unidades da EMBRAPA (SEDE, 2025). Isso implica que as atividades inovativas ocorrem de forma diferente entre as regiões do estado, pois a produção de conhecimento científico e tecnológico, a relação universidade e empresa e o apoio às indústrias ficam concentrados em determinados territórios.

A literatura sobre Minas Gerais tem captado essa heterogeneidade a partir de enfoques distintos. Em um primeiro grupo, situam-se os trabalhos voltados à identificação dos fatores associados à atividade inovativa. Nessa linha, Gonçalves (2006) analisa a relação entre inovação e estrutura urbana no estado e mostra que a atividade tecnológica se concentra espacialmente, no entorno da Região Metropolitana de Belo Horizonte, sendo condicionada por fatores como escala urbana, densidade econômica, qualificação da mão de obra e capacidade local de pesquisa. Em outra direção, há estudos que enfatizam a composição institucional do sistema de inovação mineiro. Nesse caso, Pereira *et al.* (2018) contribuem ao mostrar que Minas Gerais dispõe de um arranjo complexo e diversificado de instituições científicas e tecnológicas, com destaque para a base educacional e de pesquisa. No entanto, a articulação entre seus componentes ainda é limitada, refletindo dificuldades nas interações entre as atividades de geração de conhecimento e aquelas associadas à exploração de conhecimento economicamente útil.

2 <https://centev.ufv.br/minas-gerais-e-o-terceiro-estado-brasileiro-com-a-maior-concentracao-de-startups/>

Há, ainda, um terceiro conjunto de trabalhos que busca dimensionar espacialmente os sistemas de inovação no estado. Santos (2008) representa um marco importante nesse sentido ao propor uma classificação dos municípios mineiros segundo o grau de avanço de seus sistemas locais de inovação, identificando fatores relacionados ao desempenho econômico, à estrutura urbana e à base científico-tecnológica. Seus resultados mostram que a urbanização, a terciarização, o ensino superior, a qualificação da força de trabalho e as ocupações ligadas à ciência e à tecnologia foram decisivos para distinguir municípios em diferentes estágios de desenvolvimento dos sistemas locais, o que permitiu a construção de uma tipologia pioneira para Minas Gerais. Mais recentemente, Rodrigues *et al* (2026) retomam essa agenda ao dimensionarem o sistema regional de inovação de Minas Gerais por meio de análise de componentes principais, classificando as microrregiões do estado em quatro perfis distintos.

Ainda assim, permanecem algumas lacunas relevantes. De um lado, os estudos focados nos determinantes da inovação ajudam a identificar fatores explicativos importantes, mas não necessariamente avançam na caracterização dos diferentes estágios de maturação dos sistemas regionais de inovação no estado. De outro, os trabalhos centrados na composição institucional do sistema mineiro contribuem para mapear seus agentes e organizações, mas oferecem menor capacidade de captar como essas estruturas se traduzem em configurações territoriais desiguais. Já os estudos voltados ao dimensionamento espacial dos sistemas de inovação em Minas Gerais representam avanços decisivos, porém apoiam-se em dados mais antigos, do início dos anos 2000, como no caso de Santos (2008), ou operam em escalas mais agregadas, como no estudo recente de Rodrigues *et al* (2026) que utiliza como unidade territorial as microrregiões do estado.

É justamente nesse ponto que se insere a contribuição do presente trabalho. Ao adotar o município como unidade de análise e ao comparar dois momentos no tempo, 2010 e 2022, a pesquisa busca atualizar e aprofundar a análise de Santos (2008) sobre a configuração espacial dos sistemas regionais de inovação em Minas Gerais e trazer uma outra forma de abrangência regional, em detrimento de Rodrigues *et al* (2026). Esse recorte permite captar diferenças que podem ser obscurecidas em escalas mais agregadas, uma vez que municípios pertencentes à mesma microrregião podem apresentar capacidades científicas, tecnológicas, urbanas e produtivas bastante distintas. Ademais, ao incorporar a dimensão temporal, é possível analisar as trajetórias de avanço, estagnação ou reconfiguração dos municípios dentro da dinâmica dos sistemas regionais de inovação no estado.



3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Objetiva-se, a partir deste trabalho, analisar a estrutura e a dinâmica espacial dos SRIs mineiros, por meio da identificação de padrões municipais, nos anos de 2010 e 2022. Para capturar essa padronização e garantir a coesão entre a fundamentação teórica e os dados empíricos, adotou-se uma abordagem quantitativa e exploratório-descritiva pautada em técnicas estatísticas multivariadas (análise de *cluster* e análise de componentes principais - ACP). O uso conjugado dessas técnicas justifica-se pelo fato de os SRIs serem formados por múltiplos subsistemas interconectados (Garcia *et al.*, 2022; Tödtling; Trippl, 2005). Conforme destacado por trabalhos publicados na literatura de desenvolvimento regional (Muller *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2018; Rodrigues *et al.*, 2026), o agrupamento de unidades territoriais por métricas multivariadas permite superestimar visões simplistas baseadas apenas em indicadores econômicos isolados, revelando a tipologia real da maturidade dos arranjos locais de inovação.

O território de estudo compreende os 853 municípios do estado de Minas Gerais. O recorte municipal justifica-se por permitir captar heterogeneidades intrarregionais que costumam ser encobertas em agregações maiores, como microrregiões (Santos; Mendes, 2023).

3.1 ANÁLISE DE CLUSTER

A análise de *cluster* é um método estatístico multivariado, aqui aplicado com o objetivo de distinguir os padrões presentes entre os sistemas de inovação mineiros, por meio das características relacionadas à inovação de cada município do estado. Por meio desse método, é possível dividir a amostra em grupos distintos, porém compostos por elementos com perfil homogêneo entre si. Assim, busca-se agrupar os municípios com sistemas de inovação semelhantes e analisar os padrões de distribuição desses grupos.

Entre as técnicas de clusterização, é utilizada a k-média, que pode ser sintetizada em quatro passos. Primeiramente, são escolhidos k centroides para iniciar o processo de partição dos elementos do conjunto de dados. Em seguida, cada uma das observações é comparada com o centroide inicial conforme uma medida de distância, no caso, a distância euclidiana, dada por:



$$d(X_l, X_k) = \sqrt{\sum_{i=1}^p (X_{il} - X_{ik})^2} \quad (1)$$

Em que: d é a distância euclidiana; X_l e X_k são variáveis quaisquer.

Conforme essa medida de dissimilaridade, os primeiros grupos são formados de forma a minimizar $d(X_l, X_k)$ entre os centroides e as observações. No terceiro passo, os valores dos centroides são recalculados para cada *cluster* novo formado e, depois disso, repete-se o segundo passo tendo os novos centroides como referência. Por fim, esses dois últimos passos são repetidos até que todas as observações estejam bem alocadas em seus respectivos *clusters*.

3.2 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)

A análise de componentes principais é uma técnica estatística multivariada que permite reduzir a dimensionalidade de um conjunto de dados. A partir dela, é possível condensar um conjunto de variáveis por meio de termos subjacentes em comum, de modo a encontrar um conjunto menor de fatores que expliquem a variabilidade dos dados, sem perda significativa de informação (Hair, *et al.*, 2005). Adota-se procedimento metodológico similar ao de Muller (2008) e Rodrigues, *et al.* (2026), embora com objetivo distinto. Aqui, esse método é aplicado, em conjunto com a análise de *cluster*, com a finalidade de avaliar a influência de cada variável na formação dos agrupamentos. Assim, é possível identificar quais características têm mais peso na diferenciação dos municípios em relação ao seu sistema de inovação.

Por meio da ACP, obtêm-se novas variáveis não correlacionadas – denominadas componentes principais – que são combinações lineares das variáveis originais $X_1, X_2, \dots, X_p$ dadas por:

$$Y_i = a_i'X = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p \quad (2)$$

Em que: Y_i : i -ésimo componente principal; a_i : vetor de coeficientes; X : vetor das variáveis originais.

Os componentes principais obtidos são ordenados de forma decrescente pela variância. Assim, o primeiro componente principal maximiza $Var(Y_1) = a_1' \Sigma a_1$ sujeito a $a_1' a_1 = 1$, enquanto o segundo componente principal maximiza $Var(a_2' X)$ sujeito a $a_2' a_2 = 1$ e $Cov(a_1' X, a_2' X) = 0$. Em linhas gerais, a variância mede a quantidade de informação carregada por cada componente, de tal forma que, quanto maior a variância, maior a capacidade do componente de explicar a estrutura das informações. Assim, os primeiros componentes principais são responsáveis por explicar a maior parte da variabilidade dos dados. Para além disso, as cargas fatoriais – que são os coeficientes a_i – permitem identificar o quanto cada variável contribui para a construção do componente principal, de maneira que, quanto maior o seu valor em módulo, maior a sua influência para o componente (Johnson; Wichern, 2007).

3.3 VARIÁVEIS

Em estrita consonância com a taxonomia do SRI proposta por Cooke (1998); Tödtling e Trippel (2005), as variáveis selecionadas para os anos de 2010 e 2022 foram operacionalizadas para representar três dimensões teóricas fundamentais dos sistemas regionais de inovação:

i) Subsistema de Geração e Disseminação do Conhecimento: mensura a infraestrutura científica e a capacidade de formação de recursos humanos qualificados. Na literatura regional (Barros, 2000; Catalán *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2018), as universidades e institutos de pesquisa funcionam como o “núcleo duro” do suporte científico indispensável para os transbordamentos de conhecimento.

ii) Subsistema de Exploração e Aplicação Tecnológica: reflete a capacidade do setor produtivo privado e empresarial de absorver, transformar e codificar o conhecimento em inovações de mercado. A presença de pessoal técnico-científico ocupado (Araújo; Cavalcante; Alves, 2009) e o fluxo de depósitos de patentes (Albuquerque *et al.*, 2002; Santos; Mendes, 2018) representam o dinamismo do setor empresarial na apropriação econômica da inovação.

iii) Estrutura Econômica e Urbana: representa as condicionantes estruturais do território necessárias para sustentar as interações sistêmicas. Conforme demonstrado por Gonçalves (2006), Santos (2008) e Stojkoski *et al.* (2016), a densidade urbana e a sofisticação da estrutura produtiva definem a capacidade de absorção local do conhecimento gerado.



O Quadro 1 detalha a matriz metodológica, sintetizando a coesão entre o conceito teórico, a variável operacional e os suportes da literatura especializada:

Quadro 1 | Variáveis utilizadas na análise de cluster

Variável	Descrição	Referências	Fonte dos dados
Docentes	Total de docentes de pós-graduação no município como <i>proxy</i> de recursos humanos para P&D	Santos e Mendes (2023); Pereira <i>et al</i> (2018)	Sistema de Informações Georreferenciadas (GEOCAPES)
Discentes	Total de discentes de pós-graduação no município como <i>proxy</i> de recursos humanos para P&D	Santos e Mendes (2023); Albuquerque, <i>et al.</i> (2002)	GEOCAPES
Bolsas	Total de bolsas de pós-graduação oferecidas no município como <i>proxy</i> de financiamento público para P&D	Barros (2000) Carvalho (2025)	GEOCAPES
Artigos	Registros de publicações científicas como <i>proxy</i> para produção de conhecimento.	Catalan <i>et al</i> (2020), Neves e Santos Júnior (2023)	Web of Science (WOS)
POTEC ³	A variável Pessoal Ocupado Técnico-Científico representa o total de profissionais atuantes em atividades de P&D e C&T nas empresas e indústrias	Araújo, Cavalcante e Alves (2009)	Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)
Despesas do setor público em atividades de C&T (<i>per capita</i>)	Despesas municipais relacionadas à pesquisa científica, desenvolvimento tecnológico, incentivo à inovação, laboratórios, serviços tecnológicos e atividades correlatas.	(Isaksen, 2001; Sanso-Navarro; Vera-Cabello, 2018).	Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (SICONFI)
Qualificação da população	Porcentagem da população com 25 anos ou mais, que possui mais de 11 anos de estudo. Utilizada para mensurar a capacidade municipal de criação e absorção de conhecimento.	Gonçalves (2006)	Censos 2010 e 2022 - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
Patentes	Total de patentes depositadas por município, como forma de mensurar seu nível de criação tecnológica	Albuquerque <i>et al.</i> (2002); Santos e Mendes (2018; 2023)	Base de Dados de Propriedade Intelectual (BADEPI)
Grau de industrialização	Corresponde à razão entre o número total de pessoas ocupadas na indústria e o total de pessoas ocupadas na região.	Gonçalves (2006) Santos (2008)	RAIS
População	O número de residentes no município, com o objetivo de definir sua dimensão.	Gonçalves (2006) Santos (2008)	Censos 2010 e 2022 - IBGE
PIB <i>per capita</i>	<i>Proxy</i> de riqueza e dinamismo do município	Gonçalves (2006) Santos (2008)	IBGE
Exportações	Valor em dólar das exportações realizadas pelo município. É uma estratégia metodológica robusta para medir o resultado (<i>output</i>) da inovação e a inserção competitiva de uma região.	Rodrigues <i>et al</i> (2026)	Comex Stat
Setor de serviços	Corresponde à razão entre o número total de pessoas ocupadas em serviços intensivos em conhecimento e o total de pessoas ocupadas na região.	Rodrigues <i>et al</i> (2026) Stojkoski <i>et al.</i> (2016)	Censos 2010 e 2022 - IBGE
Urbanização	Corresponde à proporção de domicílios localizados em áreas urbanas em relação ao total de domicílios do município	Gonçalves (2006) Santos (2008)	Censos 2010 e 2022 - IBGE

Fonte: elaboração própria.

3 Variável proxy de P&D empresarial proposta por Araújo, Cavalcante e Alves (2009), com base em ocupações específicas da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO). Ver Anexo A.



4. RESULTADOS

É evidenciada, pelas estatísticas indicadas na tabela abaixo (Tabela 1), a latente desigualdade entre os dados analisados para Minas Gerais. Observa-se uma ampla dispersão dos dados em relação às médias, assim como uma diferença expressiva entre as medianas e as médias o que sugere uma assimetria positiva principalmente nas variáveis ligadas a PD&I. Verifica-se também a presença de valores máximos que se mostram substancialmente superiores aos mínimos, os quais, por sua vez, apresentam-se nulos para a maior parte das variáveis. Sendo assim, os dados revelam uma heterogeneidade significativa entre os municípios mineiros nos dois períodos analisados.

Tabela 1 | Estatísticas descritivas das variáveis analisadas

Variável	2010				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Bolsas	6,1	0,0	77,6	0,0	1.891,0
Discentes	6,0	0,0	80,0	0,0	1.966,0
Docentes	6,7	0,0	94,0	0,0	2.486,0
Grau de Industrialização	0,1	0,1	0,2	0,0	0,8
População	22.974,6	8.003,0	93.751,5	815,0	2.375.151,0
POTEC	12,5	0,0	105,8	0,0	2.364,0
Qualificação da população	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2
Artigos	4,0	0,0	54,7	0,0	1.445,0
Patentes	0,0	0,0	0,2	0,0	7,0
Setor de serviços	0,1	0,1	0,0	0,0	0,5
Urbanização	0,6	0,7	0,3	0,0	1,0
PIB <i>per capita</i> (R\$) ⁴	876.565,7	132.736,9	5.246.138,9	20.502,6	126.071.807,1
Exportações (U\$)	72.927.150,5	0,0	588.260.333,7	0,0	12.818.726.984,2
Despesas em C&T (R\$)	2.314.968,8	0,0	66.315.923,7	0,0	1.936.814.511,5
Variável	2022				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Bolsas	11,4	0,0	148,2	0,0	3.740,0
Discentes	10,0	0,0	121,8	0,0	3.017,0
Docentes	13,2	0,0	149,6	0,0	3.819,0
Grau de Industrialização	0,1	0,1	0,1	0,0	0,7
População	24.079,7	8.048,0	94.352,8	833,0	2.315.560,0
POTEC	18,0	0,0	104,6	0,0	1.631,0
Qualificação da população	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3
Artigos	14,8	0,0	165,1	0,0	4.181,0
Patentes	1,7	0,0	17,4	0,0	486,0
Setor de serviços	0,1	0,1	0,0	0,0	0,4
Urbanização	0,7	0,8	0,2	0,3	1,0
PIB <i>per capita</i> (R\$)	31.641,4	22.460,8	31.201,5	8.049,1	390.990,8
Exportações (U\$)	42.938.889,4	0,0	209.000.979,5	0,0	2.394.101.697,0
Despesas em C&T (R\$)	3,1	0,0	20,0	0,0	457,4

Fonte: elaboração própria.

4 Valores deflacionados com base no IPCA, ano base 2022.



Por meio dos métodos descritos na seção anterior, buscou-se caracterizar a dinâmica da atividade de inovação no estado de Minas Gerais, a partir da distribuição dos ativos de C,T&I dos sistemas regionais de inovação. Dessa forma, foram construídos quatro *clusters* dos municípios, de acordo com a dimensão do sistema de inovação de cada um deles, para cada um dos dois anos analisados. O perfil de cada um foi analisado considerando a média das variáveis avaliadas, conforme apresentadas na Tabela 2.

Entre os *clusters* de 2010 e 2022, destacaram-se quatro situações diferentes no que tange à composição média dos fatores que representam as nuances dos sistemas regionais de inovação em Minas Gerais e que se perpetuam ao longo dos anos. O *cluster* 2 apresenta as menores médias entre os agrupamentos e corresponde aos municípios com sistema de inovação periférico, com baixa capacidade inovativa. Já o grupo 1 representa sistemas em transição, pois, ainda que apresentem um baixo dinamismo na produção de conhecimento, possuem uma estrutura econômica urbana relativamente dinâmica, sendo considerados sistemas intermediários com capacidades produtivas ampliadas. O *cluster* 4 é composto pelos municípios com melhor estrutura inovativa no estado, que se configuram como polos regionais dinâmicos. Por fim, o município *outlier* do grupo 3 constitui o núcleo inovativo dominante do estado. Essa formação evidencia a consistência dos grupos e características dos sistemas regionais de inovação de Minas Gerais ao longo do tempo.

Tabela 2 | Perfil dos *clusters* segundo as médias das variáveis selecionadas (2010, 2022)

VARIÁVEL	CLUSTER							
	1		2		3		4	
	2010	2022	2010	2022	2010	2022	2010	2022
Nº de municípios	317	340	520	491	1	1	15	21
Docentes	1,62	4,48	0	0	2.486	3.819	183	281
Discentes	0,88	1,66	0	0	1.966	3.017	190	233
Bolsas	1,32	1,72	0	0	1.89	3.740	194	258
Artigos	1,23	5,35	0	0,8	1.445	4.181	104	310
POTEC	11	18	0,3	0,3	2.364	1.558	311	356
Despesas per capita em C&T (em R\$)	R\$ 0,41	R\$ 4,19	R\$ 0,15	R\$ 0,99	R\$ 81,54	R\$ 66,75	R\$ 0,78	R\$ 32,26
Qualificação da população (%)	7	12	5	8	23	29	14	19



Patentes	0	1,8	0	0,05	7	486	0	24
Grau de industrialização (%)	28	26	6	7	5	4	25	21
População	29.426	28.314	8.631	8.272	2.375.151	2.315.560	227.027	215.973
PIB <i>per capita</i> (em mil R\$)	R\$ 35,49	R\$ 43,72	R\$ 15,50	R\$ 20,92	R\$ 53,07	R\$ 49,83	R\$ 73,61	R\$ 85,84
Exportações (em mil US\$)	\$30.072	\$41.450,36	\$188,25	\$1.492,09	\$405.329	\$811.702	\$1.278.399	\$999.496
Pessoal ocupado no setor de serviços de alta tecnologia (%)	7	9	6	8	10	12	9	11
Grau de urbanização (%)	83	86	57	64	95	100	100	94

Fonte: elaboração própria.

A comparação entre os períodos indicou transformações levemente relevantes na estrutura dos sistemas regionais de inovação em Minas Gerais, combinando movimentos de mudança com a persistência de fortes desigualdades. Observou-se, inicialmente, uma redução no número de municípios classificados no *cluster* mais periférico (grupo 2), acompanhada pela expansão dos municípios no grupo intermediário (de 317 para 340) e dinâmico (de 15 para 21), enquanto o núcleo inovativo dominante permanece composto por um único município. Apesar dessa redução, o *cluster* 2 continua caracterizado por níveis extremamente baixos de capacidade científica, tecnológica e produtiva. Ainda que se observe uma melhora marginal em alguns indicadores, como produção científica, atividade patentária e despesas em C&T *per capita*, esses avanços são modestos e insuficientes para alterar sua posição estrutural. Assim, o *cluster* permanece marcado por limitações persistentes, evidenciando a dificuldade de difusão mais ampla das capacidades inovativas no território.

Por sua vez, o *cluster* intermediário 1 amplia sua participação e consolida-se como um espaço de transição dentro da estrutura analisada. O crescimento desse grupo é acompanhado por avanços em variáveis científicas e tecnológicas, como o aumento da produção de artigos e o surgimento de atividade patentária. No entanto, a incorporação de municípios oriundos de níveis mais baixos contribui para ampliar a heterogeneidade interna do *cluster*, o que tende a moderar o avanço de seus indicadores médios. Desse modo, embora haja evolução absoluta, esse agrupamento mantém

um perfil intermediário e desigual, reforçando seu papel como estágio de transição no processo de desenvolvimento dos sistemas regionais de inovação.

O *cluster* mais dinâmico (grupo 4) apresenta um movimento claro de expansão e de fortalecimento. O aumento no número de municípios é acompanhado por ganhos expressivos em indicadores científicos e tecnológicos, com destaque para o crescimento significativo na produção de artigos, a consolidação da atividade patentária e a elevação das despesas em C&T *per capita*. Esses resultados indicam o fortalecimento da intensidade inovativa desse grupo, que se afirma como principal vetor de dinamismo regional. Ao mesmo tempo, a leve redução em algumas variáveis econômicas, sobretudo exportações, sugere a possível incorporação de municípios com menor intensidade econômica, o que contribui para aumentar a heterogeneidade interna sem comprometer sua posição de destaque.

Por fim, o núcleo inovativo dominante (*cluster 3*) mantém sua posição de extrema centralidade, concentrando níveis muito superiores de produção científica, formação de recursos humanos e atividade tecnológica. Ainda que se observe uma leve redução em indicadores como despesas em C&T e PIB *per capita*, esse *cluster* apresenta uma mudança relevante em sua composição, evidenciada pelo expressivo aumento da atividade patentária. Tal dinâmica sugere uma reconfiguração na forma de geração e apropriação do conhecimento, sem, contudo, alterar sua condição de principal polo concentrador das capacidades inovativas.

Em síntese, os resultados indicam que, embora haja sinais de mobilidade e de difusão relativa das capacidades inovativas, a estrutura geral do sistema permanece fortemente hierarquizada, marcada por profundas disparidades entre seus diferentes níveis. Diante disso, torna-se relevante avançar na análise, buscando compreender não apenas as diferenças entre os *clusters*, mas também as estruturas subjacentes que organizam essas disparidades. Nesse sentido, a análise de componentes principais (PCA) permite sintetizar a informação contida nas variáveis e identificar os principais eixos que estruturam os sistemas regionais de inovação analisados. Conforme a Tabela 3, o PCA identificou que os dois primeiros componentes (PC1, PC2) explicam mais de 60% da variabilidade total dos dados, em ambos os anos:

Tabela 3 | Variância explicada por componente

Componente	Variância explicada (%)		Variância acumulada (%)	
	2010	2022	2010	2022
PC1	49,91	45,98	49,91	45,98
PC2	14,82	16,05	64,74	62,03
PC3	8,32	8,98	73,06	71,01
PC4	7,06	7,67	80,12	78,68
PC5	4,98	6,49	85,1	85,18
PC6	4,55	4,25	89,64	89,43
PC7	3,58	3,84	93,22	93,27
PC8	2,74	2,67	95,96	95,94

Fonte: elaboração própria.

Tal resultado demonstra que os municípios avaliados se diferenciam, principalmente com base nas variáveis que têm um peso maior para esses dois componentes. As cargas fatoriais de cada variável, apresentadas na tabela a seguir (Tabela 4), indicam o quanto cada uma delas contribui para cada componente. A análise demonstra, para os dois anos em estudo, que as variáveis de docentes e discentes de pós-graduação, bolsas de fomento, artigos científicos e POTECE têm um peso maior na determinação do primeiro componente (PC1). Enquanto isso, o segundo componente (PC2) possui maior influência das variáveis relacionadas com a estrutura econômica, como qualificação da população, grau de industrialização do município, grau de urbanização e PIB *per capita*.

Tabela 4 | Cargas fatoriais por variável

Variável	Componente Principal			
	2010	2022	2010	2022
	PC1	PC2	PC1	PC2
Docentes	0,37	-0,09	0,38	0,15
Discentes	0,36	-0,08	0,37	0,16
Bolsas	0,36	-0,08	0,37	0,17
Artigos	0,37	-0,09	0,38	0,15
POTECE	0,31	0,05	0,27	-0,22
Despesas em C&T (em mil R\$)	0,29	-0,1	0,07	-0,16
Qualificação da população	0,17	0,46	0,2	-0,38
Patentes	0,35	-0,14	0,38	0,11
Grau de industrialização	0,02	0,43	0,02	-0,39
População	0,35	0,02	0,37	0,02
PIB per capita (em mil R\$)	0,05	0,42	0,07	-0,44
Exportações (em mil US\$)	0,07	0,3	0,15	-0,38
Setor de serviços de alta tecnologia	0,03	0,07	0,06	-0,03
Urbanização	0,08	0,53	0,1	-0,43

Fonte: elaboração própria.



É válido destacar que o primeiro componente principal representa cerca de 50% da variância total explicada em ambos os períodos, indicando que as diferenças entre os *clusters* são majoritariamente captadas pela dimensão associada às capacidades científicas dos municípios. Dessa forma, ainda que algumas localidades apresentem níveis elevados de PIB *per capita* e maior grau de industrialização, essas características exercem influência relativamente menor na diferenciação entre os casos analisados e, conseqüentemente, possuem impacto reduzido na projeção.

Mais do que uma característica estrutural, esse resultado pode ser interpretado como reflexo do processo de fortalecimento institucional do sistema de ensino e pesquisa em Minas Gerais nas últimas décadas. Conforme evidenciado por Carvalho (2025), o estado passou por uma expansão significativa de sua base acadêmica e científica, com destaque para o crescimento do número de programas de pós-graduação e de alunos matriculados, que saltaram de cerca de 9 mil no início dos anos 2000 para quase 40 mil em 2022, além da ampliação da rede de universidades federais e institutos de pesquisa. Esse movimento contribuiu para densificar a infraestrutura de geração de conhecimento no território, ampliando a disponibilidade de recursos humanos qualificados e a produção científica.

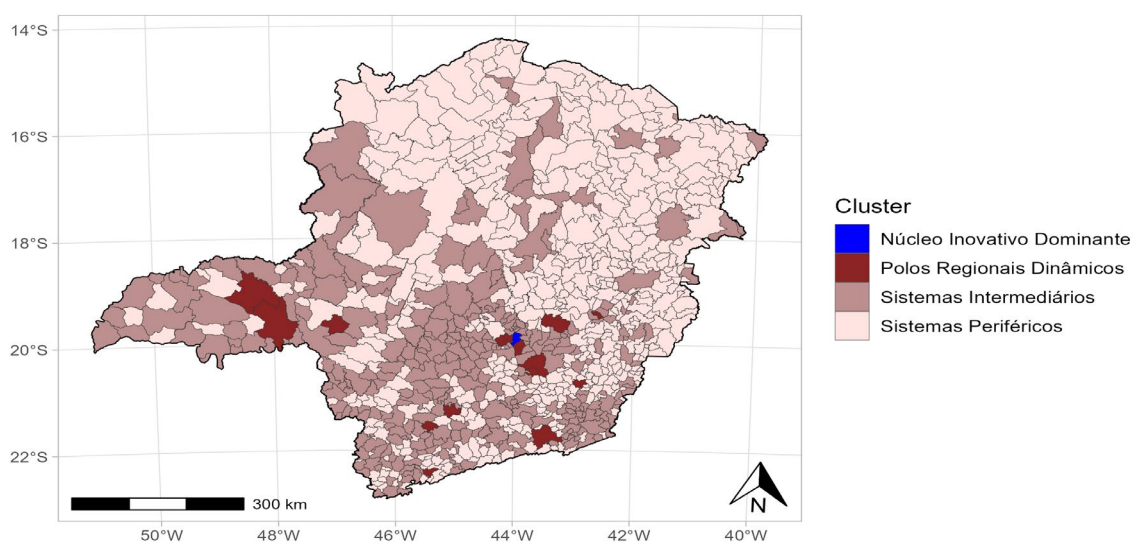
Nesse sentido, os resultados evidenciam que a estrutura dos sistemas regionais de inovação em Minas Gerais não apenas permanece fortemente hierarquizada, como também passa a ser crescentemente organizada em torno da dimensão científica e tecnológica. Esse padrão reforça a ideia de que as diferenças entre os territórios não se explicam apenas por suas bases produtivas ou níveis de renda, mas, sobretudo, pela capacidade de gerar, absorver e difundir conhecimento. Ao mesmo tempo, a consolidação dessa dimensão como eixo estruturante sugere que as trajetórias de desenvolvimento dos municípios tendem a se reorganizar em torno dessas capacidades, o que torna particularmente relevante analisar como esses territórios se redistribuem ao longo do tempo entre os diferentes estágios dos sistemas regionais de inovação.

4.1 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS SISTEMAS REGIONAIS DE INOVAÇÃO EM MINAS GERAIS

A análise da distribuição dos municípios segundo o grau de desenvolvimento de seus sistemas regionais de inovação revela a persistência de uma estrutura fortemente concentrada. Em 2010, 520 municípios eram classificados como periféricos com baixa capacidade inovativa (Tabela 2), número que se reduz apenas marginalmente para 491 em 2022. Os municípios agrupados com SRIs intermediários passam de 317 para 340, enquanto os polos regionais dinâmicos aumentam de 15 para 21. Mesmo com a leve expansão nas categorias superiores, a configuração geral pouco se altera, permanecendo marcada pelo contraste entre um núcleo inovativo dominante (Belo Horizonte), que produz sozinho mais de 40% da produção científica e tecnológica do estado (Santos, 2023), e os 57% dos municípios que possuem quase nenhuma capacidade inovativa. Esses resultados indicam que, embora tenha havido avanço agregado no sistema de inovação estadual, tal progresso não se traduziu em transformações estruturais significativas na distribuição espacial das capacidades inovativas.

As Figuras 1 e 2 demonstram melhor a situação descrita acima e permitem a visualização da distribuição espacial dos quatro grupos obtidos na análise.

Figura 1 | Distribuição geográfica dos clusters (2010)

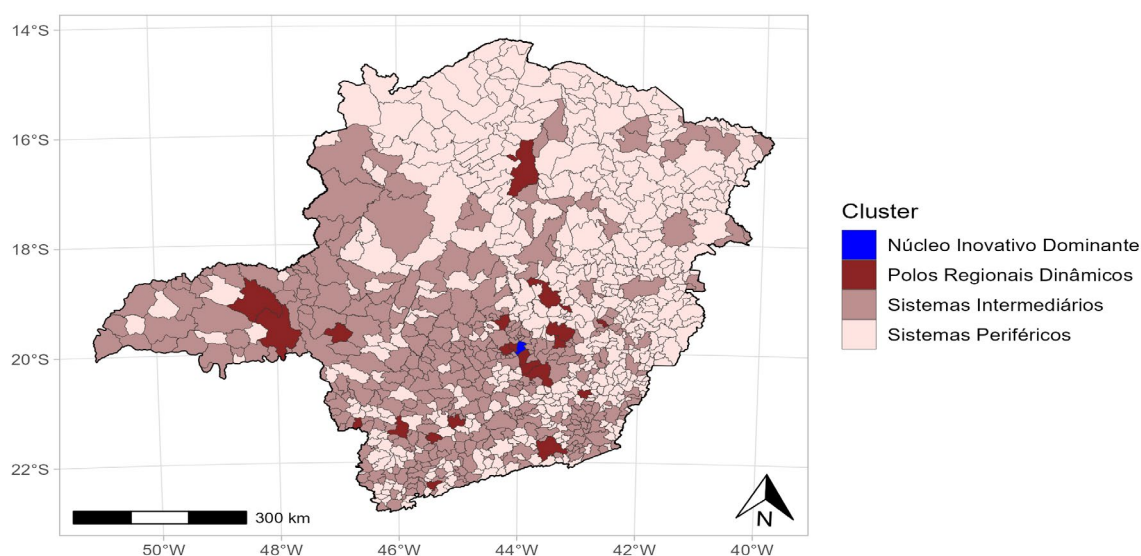


Fonte: elaboração própria.

Em consonância com Santos (2008), que classificou os municípios de Minas Gerais segundo o grau de desenvolvimento de seus sistemas locais de inovação no início dos anos 2000, observa-se, na Figura 1, que em 2010 os municípios com SRIs mais avançados ainda se organizavam sob a forma de poucas manchas de desenvolvimento no território mineiro. Em contraste, os sistemas periféricos com baixa capacidade inovativa concentravam-se predominantemente nas regiões Norte e nos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Já na Figura 2, observa-se que, entre 2010 e 2022, a distribuição territorial dos sistemas regionais de inovação permaneceu notavelmente estável, com poucas alterações na localização dos municípios pertencentes aos grupos mais avançados. Os polos regionais dinâmicos continuam se configurando como pontos isolados no território, sem a formação de uma estrutura espacial contínua de difusão das capacidades inovativas. O peso das instituições de ensino superior na formação desse *cluster* é evidente, pois todos os 15 municípios que faziam parte desse grupo, em 2010, possuíam universidades, sendo que em oito havia pelo menos uma instituição federal de ensino superior.

Figura 2 | Distribuição geográfica dos *clusters* (2022)



Fonte: elaboração própria

De fato, neste grupo se encontram os principais pilares da educação superior em Minas Gerais, como os municípios de Juiz de Fora, Ouro Preto e Viçosa, que contam com a mais antiga estrutura universitária do estado. Assim, fica explícita a importância do ensino superior em meio ao sistema de inovação de Minas e as suas potencialidades para uma estratégia de desenvolvimento regional para o estado. Além disso, em 2022, passaram a integrar esse *cluster* os municípios de Alfenas e Montes Claros, que também possuem grandes centros universitários, como a Universidade Federal de Alfenas e a Universidade Estadual de Montes Claros, que constitui o maior polo difusor de conhecimento não só da cidade que leva seu nome, como também de todo o Norte do estado.

A forte correlação entre a infraestrutura acadêmica e a maturidade dos sistemas regionais de inovação (SRIs) em Minas Gerais, evidenciada pela concentração dos polos dinâmicos (*Cluster 4*) em municípios dotados de universidades consolidadas, encontra sustentação teórica direta no papel das Instituições de Ensino Superior (IES) como indutoras do desenvolvimento. Conforme debatem Steinhorst e Lima (2025), as universidades atuam como verdadeiros hubs de desenvolvimento socioeconômico regional, sendo sua função primordial a formação de capital humano qualificado, o fomento à pesquisa e a posterior conversão desse conhecimento em ativos de propriedade intelectual. Não obstante, esse grupo é caracterizado ainda pela maior proporção de ocupados em atividades relacionadas à ciência e à tecnologia e pela maior quantidade de patentes depositadas junto ao INPI⁵.

Ao longo desses 12 anos de análise, identificou-se que os municípios de Conceição do Mato Dentro, São Gonçalo do Rio Abaixo e Guaxupé também evoluíram em termos da classificação de seus sistemas de inovação, sendo considerados, em 2022, como polos regionais dinâmicos. Apesar de serem municípios de pequena população e não apresentarem significativa produção de conhecimento científico, entende-se que sua agregação nesse *cluster* se deu por suas dinâmicas estruturais e produtivas, uma vez que os dois primeiros são municípios mineradores e estão entre os primeiros do estado em termos de PIB *per capita* e valor de exportação. Consequentemente, essa realidade influencia o grau de urbanização, industrialização e qualificação da população desses municípios, tornando-os polos de desenvolvimento no estado.

5 Em comparação com os outros municípios do estado, exceto o outlier Belo Horizonte, que se constitui núcleo isolado como sistema de inovação mais avançado de Minas Gerais.

Ainda nesse contexto, também é observável a evolução do município de Itabira, o que permitiu uma ampliação da extensão da aglomeração formada por municípios caracterizados como polos regionais dinâmicos no entorno de Belo Horizonte. Com isso, tal aglomeração passa a englobar uma faixa do território de Minas Gerais que vai do município de Betim até Ouro Preto, compreendendo 6 municípios. Trata-se da única aglomeração formada por um número tão elevado de municípios caracterizados nos estágios mais avançados de desenvolvimento dos SRIs no estado, indicando o potencial dos efeitos de transbordamento do sistema de inovação de Belo Horizonte.

Por meio da Figura 2, nota-se ainda que os municípios que deixaram a condição de SRI periférico para ingressar no grupo intermediário localizam-se majoritariamente no Noroeste e no Sul do estado, sugerindo que a transição para níveis mais elevados de capacidade inovativa está associada a dinâmicas regionais previamente estruturadas. Apenas dois municípios do Norte do estado avançaram em seu estágio inovativo, do periférico para o intermediário, sendo Januária e Itacarambi, enquanto nenhuma localidade dos Vales Jequitinhonha e Mucuri passou por alguma reconfiguração em seu SRI.

Essa rigidez territorial e a permanência dessas regiões na periferia da inovação no estado explicam-se pelas severas fragilidades socioeconômicas locais. Como destacam Bahiense e Lima (2021), a predominância rural, a infraestrutura limitada, a baixa escolaridade e os salários reduzidos resultam no fraco desempenho do emprego e da renda. Além disso, essas regiões são marcadas por limitação na atração de investimentos privados, forte dependência de gastos públicos e baixos IDHs municipais. Essa escassez de oportunidades estimula a evasão de jovens e talentos para centros maiores, inviabilizando a consolidação de atividades produtivas modernas. Sem reter capital humano qualificado e sem estrutura para apoiar a inovação, o Norte e o Nordeste de Minas Gerais perpetuam um cenário de vazio inovativo e persistente disparidade regional.

Em suma, os achados corroboram as evidências de Gonçalves (2006) e Santos (2008) para o início dos anos 2000, demonstrando a inércia espacial da desigualdade inovativa no estado. A concentração dos municípios dinâmicos no eixo Centro-Sul e a marginalização sistemática do Norte e dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri refletem os clássicos “efeitos de polarização” teorizados no debate sobre desenvolvimento regional (Hirschman, 1961; Myrdal, 1960). As vantagens cumulativas

de aglomeração e a presença de hubs acadêmicos e industriais continuam atuando como forças de atração de capital humano e investimentos nas regiões consolidadas, inibindo a consolidação de capacidades absorptivas nas regiões de menor dinamismo.

Por outro lado, em termos de diferenças e avanços empíricos, a presente pesquisa refina as conclusões de Rodrigues *et al.* (2026). Ao descender para o recorte municipal, demonstra-se que o avanço ou o dinamismo indicado em agregações regionais maiores, muitas vezes, mascara “vazios inovativos” locais. Enquanto a abordagem microrregional de Rodrigues *et al.* (2026) sugere maior homogeneidade no interior das microrregiões, o mapeamento municipal aqui realizado revela que, mesmo nas regiões mais dinâmicas, a capacidade inovativa é extremamente pontual, restringindo-se aos municípios sede de universidades públicas.

Adicionalmente, identificou-se a formação de um aglomerado contínuo de polos dinâmicos no entorno da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Esse fenômeno demonstra que os *spillovers* de conhecimento e capacidade produtiva ocorrem quase exclusivamente sob condições de forte proximidade geográfica e densidade industrial prévia, não alcançando o interior distante. Portanto, ao contrário da hipótese de desconcentração regional da inovação observada por Santos e Mendes (2023) em escala nacional para algumas regiões brasileiras, o quadro intraestadual mineiro demonstra uma “desconcentração polarizada” ou pontual, incapaz de alterar a assimetria estrutural do desenvolvimento regional no estado.

Levando em consideração que um maior nível de inovação se reflete em maior desenvolvimento econômico e que o nível de inovação está diretamente conectado ao estágio de desenvolvimento do sistema regional de inovação, faz-se necessária a estruturação dos SRIs mineiros. Portanto, é necessário o desenvolvimento de bases de C,T&I em municípios fora do eixo mais dinâmico do estado, de modo a aumentar a continuidade espacial e melhorar o arranjo dos sistemas regionais de inovação em Minas Gerais. Desse modo, políticas de interiorização da capacidade científica e tecnológica para a difusão do conhecimento são essenciais principalmente nas regiões de baixo engajamento em atividades inovativas (Sanzo-Navarro; Vera-Cabello, 2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitem traçar o perfil regional da atividade inovativa em Minas Gerais e evidenciar fragilidades estruturais persistentes. Em 2010, a análise identificou quatro agrupamentos, nos quais os sistemas de maior dinamismo e capacidade concentravam-se em apenas 16 dos 853 municípios, sendo o *cluster* dominante composto exclusivamente por Belo Horizonte. Esses sistemas mais desenvolvidos distribuíam-se em poucos núcleos, majoritariamente localizados na metade sul do estado, enquanto a porção norte e nordeste concentra municípios com inovação incipiente ou inexistente. Considerando a dinâmica temporal, em 2022, observou-se um aumento nas médias dos indicadores, indicando avanços no cenário inovativo; contudo, a estrutura geral permaneceu semelhante: a maioria dos municípios ainda se encontra nos *clusters* de menor capacidade inovativa, enquanto o número de localidades nos sistemas mais avançados chegou a 21 municípios.

A preponderância da dimensão científica na explicação da variância (aprox. 50%) e a persistência da rigidez dos grupos ao longo dos 12 anos dialogam diretamente com as abordagens de Tödtling e Trippl (2005) sobre os limites do desenvolvimento regional baseado em inovação em territórios periféricos. Os autores argumentam que essas regiões enfrentam deficiências estruturais de capacitação e fraca interconexão entre os subsistemas de geração e de aplicação do conhecimento. No caso mineiro, embora tenha havido expansão quantitativa de ativos científicos e acadêmicos no período de 2010 a 2022, a reduzida capacidade de transbordamento desses ativos para as estruturas produtivas locais impediu a transição dos municípios periféricos (*cluster* 2) para estágios superiores de maturidade. Isso evidencia uma divergência em relação a visões otimistas de *catch-up* regional automático: o simples fortalecimento de infraestruturas acadêmicas em pontos isolados não foi suficiente para desencadear dinâmicas homogêneas de desenvolvimento regional.

Dessa forma, embora existam indícios de uma evolução geral dos indicadores de C,T&I observados, condicionada, principalmente, aos investimentos do estado que fomentaram as atividades inovativas, não se observa uma reconfiguração significativa dos municípios em relação à capacidade dos sistemas de inovação no período analisado de 12 anos. Esse padrão sugere que o sistema regional de inovação de Minas Gerais mantém uma estrutura fortemente concentrada, na qual poucas localidades reúnem as condições necessárias para o desenvolvimento de inovações,



enquanto a maior parte dos municípios permanece em estágios menos avançados. Nesse sentido, em termos de políticas públicas, os resultados indicam que medidas orientadas apenas ao aumento quantitativo de recursos de C&T são insuficientes se desacompanhadas de estratégias de fortalecimento das capacidades absorptivas e produtivas locais. Torna-se imperativo desenhar políticas regionais direcionadas que estimulem a articulação entre as universidades e ICTs e a estrutura empresarial das regiões periféricas, promovendo a conectividade sistêmica e combatendo o esvaziamento de talentos e ativos no Norte e Nordeste do estado.

Por fim, como limitações do estudo, destacam-se a dependência de dados secundários de fontes administrativas e a ausência de indicadores diretos sobre gastos empresariais privados em P&D em escala municipal. Para investigações futuras, recomenda-se a realização de estudos sobre os fluxos e as redes de cooperação universidade e empresa nos polos dinâmicos regionais de Minas Gerais, de modo a entender como o conhecimento gerado nesses municípios pode ser absorvido e dinamizar a estrutura produtiva dessas cidades e de seu entorno.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, E. D. M. E. Sistema nacional de inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e a tecnologia. *Brazilian Journal of Political Economy*, v. 16, n. 3, p. 387–404, set. 1996.

ALBUQUERQUE, E. *et al.* A Distribuição Espacial da Produção Científica e Tecnológica Brasileira: uma Descrição de Estatísticas de Produção Local de Patentes e Artigos Científicos. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 1, 2002.

ALMEIDA, M. L.; SILVA, J. L. G.; OLIVEIRA, E. A. A. Q. A inovação como fator de desenvolvimento. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v.10, n.3, p. 314-350, 2014.

ARAÚJO, Bruno César Pino Oliveira de; CAVALCANTE, Luiz Ricardo; ALVES, Patrick Franco. Variáveis proxy para os gastos empresariais em inovação com base no pessoal ocupado técnico-científico disponível na Relação Anual de Informações Sociais (Rais). *Radar*, IPEA, 2009.

ASHEIM, B. T.; GERTLER, M. The Geography of Innovation. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D.; NELSON, R. R. (Eds.). *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, p. 291–317, 2005.

BAHIENSE, D. V.; LIMA, J. F. O desenvolvimento municipal na mesorregião diferenciada Jequitinhonha – Mucuri. *Revista de Desenvolvimento Econômico*, v.2, n.49, p. 28-51, 2021.

BARROS, F. A. F. Os desequilíbrios regionais da produção científica. *São Paulo em Perspectiva*, v. 14, n. 3, p. 12-19, 2000.

CARVALHO, J. F. S. O Sistema Regional de Inovação de Minas Gerais: o que mudou de 20 anos para cá? CEDEPLAR / UFMG, Texto para Discussão 679, 2025.



CATALÁN, P. *et al.* The scientific and technological cross-space: Is technological diversification driven by scientific endogenous capacity? *Research Policy*, 2020.

COOKE, P. Introduction: origins of the concept. In: BRACZYK, H.; COOKE, P.; HIDERREICH, M. (Eds.). *Regional Innovation Systems*. London: UCL Press, p. 2–25, 1998.

FREEMAN, Chris; SOETE, Luc. *A economia da inovação industrial*. Campinas: Editora da UNICAMP, 2008.

GARCIA, Renato de Castro. *et al.* Revisitando os Sistemas Regionais de Inovação: teoria, prática, políticas e agenda para o Brasil. *Nova Economia*: v.32 n.3 p.617-645, 2022.

GONÇALVES, Eduardo. Estrutura urbana e atividade tecnológica em Minas Gerais. *Economia Aplicada*, v. 10, p. 481-502, 2006.

HAIR, J. F.; ANDERSON, et al. *Análise multivariada de dados*. 5. ed. Porto Alegre, 2005.

HIRSCHMAN, A. O. *Estratégia do Desenvolvimento Econômico*. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura. 1961.

ISAKSEN, A. Building Regional Innovation Systems: Is Endogenous Industrial Development Possible in the Global Economy? *Globalisation: A Challenge for Local Industrial Policy Regionalisation as an Aspect of Economic Globalisation*. *Canadian Journal of Regional Science*, v. 24, n. 1, p. 101–120, 2001.

JOHNSON, Richard A.; WICHERN, Dean W. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. 6. ed. [S. l.]: Pearson, 2007.

MULLER, E. *et al.* Regional innovation capacities in new member states: a typology. *European Integration*, [S. l.], v. 30, n. 5, p. 653–669, 2008.

MYRDAL, Gunnar. *Teoria econômica e regiões subdesenvolvidas*. Rio de Janeiro: Instituto Superior de Estudos Brasileiros, 1960.

NEVES, J, P, P; SANTOS JÚNIOR, R, L. Brazilian scientific publications in Information Science indexed in the Web of Science. *Ciência da Informação, Brasília/DF*, v. 52, n. 2, p. 201-207, 2023.

OLIVEIRA, Edson Aparecida de Araújo Querido ; QUINTAIROS, Paulo Cesar Ribeiro. Estudo das disparidades econômicas e tecnológicas no desenvolvimento regional desequilibrado do Vale do Paraíba. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*. v.7, n. 2, p. 256-281, /2011.

PEREIRA, R. M. *et al.* Sistemas regionais de inovação: dimensões e especificidades da estrutura científico-tecnológica do estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 14(1):271– 296, 2018.

RODRIGUES, Letícia; MONTENEGRO, Rosa Livia Gonçalves; GONÇALVES, Eduardo. Sistema Regional de Inovação: Uma análise sobre as configurações científicas e tecnológicas de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, v. 20, n. 1, p. 25-55, 2026.

SANSO-NAVARRO, Marcos; VERA-CABELLO, María. The long-run relationship between R&D and regional knowledge: The case of France, Germany, Italy and Spain. *Regional Studies*, v. 52, n. 5, p. 619-631, 2018.

SANTOS, Ester Carneiro do Couto. Panorama evolutivo dos indicadores de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) de Minas Gerais de 2000 a 2020. Belo Horizonte: FJP, 41 p. (Texto para discussão. Fundação João Pinheiro, n. 22), 2023.

SANTOS, U. P. Uma classificação dos municípios de Minas Gerais segundo o grau de avanço de seus sistemas de inovação. *Revista de Desenvolvimento Econômico*, [S. l.], v. 10, n. 18, p. 144–155, 2008.

SANTOS, U. Spatial distribution of the Brazilian national system of innovation: An analysis for the 2000s. *CEPAL Review*, v. 2017, n. 122, p. 217–234, 2017.



SANTOS, U.; MENDES, P. Regional spillovers of knowledge in Brazil: evidence from science and technology municipal indicators. *Innovation and Development*, v. 13, n. 2, p. 323–342, 2023.

SANTOS, U.P.; MENDES, P.S. A localização dos atores do sistema de inovação brasileiro e seus impactos regionais na década de 2000. *EURE*, [s. l.], v. 44, ed. 132, p. 153-177, 2018.

STEINHORST, J. G; LIMA, J. F. Capital humano e inovação nas cidades médias do Sul do Brasil. *Revista Conhecimento Online*, v.2, p. 42-68, 2025.

STOJKOSKI, Viktor *et al.* The impact of services on economic complexity: service sophistication as route for economic growth. *Plos One* 11(8), 2016.

TÖDTLING, F.; TRIPPL, M. One Size Fits All? *Research Policy*, v. 34, n. 8, p. 1.203 - 1.219, 2005.

VIEIRA, Edson Trajano e SANTOS, Moacir José dos. Desenvolvimento econômico regional: uma revisão histórica e teórica. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, Taubaté, SP, v. 8, n. 2, p. 344-369, 2012.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons
Atribuição 4.0 Internacional.



