

Sistema Regional de Inovação: Uma análise sobre as configurações científicas e tecnológicas de Minas Gerais

Letícia de Castro Rodrigues¹  | Rosa Livia Gonçalves Montenegro²  | Eduardo Gonçalves³ 

¹ Economista pela Universidade Federal de Juiz de Fora.

² Professora do Departamento de Economia e do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora (PPGE/UFJF) e Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq (Processo: 312108/2022-2). E-mail: rosa.livia@ufjf.br

³ Professor do Departamento de Economia e do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora (PPGE/UFJF) e Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq (Processo: 303778/2021-0). E-mail: eduardo.goncalves@ufjf.br

RESUMO

Tendo em vista o papel da inovação para o desenvolvimento socioeconômico de uma região, os agentes locais que contribuem para as atividades inovativas precisam ser analisados acuradamente. Isso a fim de que ações sejam tomadas de forma precisa e impulsionem o progresso científico e tecnológico da região estudada. Desse modo, o objetivo do trabalho é dimensionar o sistema regional de inovação de Minas Gerais a partir de uma análise de componentes principais. Os resultados permitem classificar as 66 microrregiões mineiras em 4 grupos distintos, nomeadamente: regiões criadoras de conhecimento, regiões urbanas demandantes, regiões rurais com potencial para desenvolvimento e regiões subdesenvolvidas industrialmente. É possível perceber que as microrregiões do estado de Minas Gerais divergem em suas capacidades de criação de conhecimento e em suas estruturas urbanas e industriais. Tal conclusão corrobora a visão corrente de que o cenário inovativo mineiro é desigual e subdesenvolvido tal qual o cenário nacional.

PALAVRAS-CHAVE

Sistemas Regionais de Inovação, Minas Gerais, Análise de Componentes Principais

Regional innovation system: An analysis of the scientific and technological configurations of Minas Gerais

ABSTRACT

Considering the role of innovation in the socioeconomic development of a region, the local agents that contribute to innovative activities must be accurately analyzed so that actions can be precisely designed to stimulate scientific and technological progress in the studied region. Thus, the purpose of this paper is to assess the regional innovation system of Minas Gerais through a principal component analysis. Based on the results, it is possible to classify the 66 microregions of Minas Gerais into four different groups, namely: knowledge-creator regions, demanding urban regions, rural regions with potential for development and industrially underdeveloped regions. Evidently, the microregions differ in their capacities to create knowledge and in their urban and industrial structures. This conclusion corroborates the current notion that the innovative scenario of Minas Gerais is unequal and underdeveloped, similar to the national context.

KEYWORDS

Innovation, Regional innovation systems, Minas Gerais, Principal Component Analysis

CLASSIFICAÇÃO JEL

O3, R1

1. Introdução

Para Schumpeter, a inovação é intrínseca ao fluxo de uma economia e o capitalismo está sempre sujeito ao que ele denominou de “destruição criadora” (Schumpeter, 1961, 1997). Ao longo das últimas décadas, com os avanços tecnológicos ocorrendo de forma dinâmica e revolucionando cada vez mais mercados, outros estudos começaram a relacionar tais inovações ao crescimento e ao desenvolvimento econômico dos países (Freeman e Soete, 2008a). Assim sendo, é imprescindível que o conceito de inovação seja destrinchado para se conhecer os agentes envolvidos e como a relação entre eles afeta o avanço inovativo de um país (Rapini et al., 2008; Bastos et al., 2020).

Além disso, os fatores regionais também devem ser analisados, pois são próprios de cada localidade e influenciam a capacidade de inovação de maneiras distintas, mesmo quando situados dentro de um mesmo território nacional (Carvalho et al., 2010; Santos, 2008; Rapini et al., 2010).

Tendo em vista a importância da inovação para se alcançar o *catching up*¹ tecnológico, o empenho para impulsionar as atividades inovativas também precisa ser ampliado no Brasil e estudos sobre as características da inovação nas regiões brasileiras podem auxiliar nas ações a serem tomadas (Bastos et al., 2020).

Dessa maneira, o objetivo principal do presente trabalho é dimensionar o sistema regional de inovação do estado de Minas Gerais, entre os anos de 2016 e 2023. Mais especificamente, busca-se realizar uma revisão de literatura para identificar as características já verificadas do sistema regional de inovação de Minas Gerais; coletar dados de variáveis comprovadamente relacionadas à inovação para as microrregiões mineiras; definir quais dessas variáveis estão diretamente ligadas ao nível de inovação das microrregiões a partir de uma análise de componentes principais; classificar as microrregiões de acordo com a tipologia proposta por Muller et al. (2008); verificar a existência ou não de desigualdade dentro do estado e sugerir ações que possam impulsionar a inovação nas microrregiões mineiras. Ademais, pretende-se responder duas perguntas centrais: como se caracteriza a inovação nas microrregiões mineiras? Existe concentração das atividades inovativas no estado?

Embora a literatura sobre SRIs no Brasil seja ampla, existem poucos estudos que ofereçam análises recentes e detalhadas em nível microrregional, especialmente adaptadas ao contexto de países em desenvolvimento. Poucos trabalhos combinam a tipologia metodológica de Muller et al. (2008) com dados específicos das microrregiões, o que limita a compreensão da heterogeneidade territorial e das diferenças locais na capacidade inovativa. O presente estudo preenche essa lacuna ao aplicar a metodologia de forma adaptada a Minas Gerais, proporcionando uma caracterização atualizada

¹Existem níveis distintos de desenvolvimento tecnológico entre os países que são refletidos em seus respectivos níveis de produtividade. A diferença de produtividade entre um país e outro, chamada de *gap*, varia conforme a habilidade de inovação e progresso técnico de cada um. O esforço para atingir um grau de capacitação tecnológica mais alto e mais próximo dos países avançados é denominado de *catching up* (Carvalho et al., 2010).

das microrregiões que permite identificar desigualdades e particularidades regionais, oferecendo subsídios importantes para políticas públicas direcionadas à inovação. A partir da análise de componentes principais, foram identificados quatro perfis distintos de microrregiões em Minas Gerais que refletem as discrepâncias supracitadas. A respectiva classificação evidencia a heterogeneidade territorial do estado e permite compreender melhor as especificidades de cada microrregião quanto à capacidade inovativa.

Por fim, o artigo está dividido em mais seis seções além desta introdução. A próxima seção traz uma revisão de literatura sobre a inovação e o cenário das atividades inovativas no Brasil. A terceira seção desenvolve o conceito de sistemas regionais de inovação, expõe o cenário da inovação em Minas Gerais e apresenta a justificativa para a delimitação regional do trabalho. Seguidamente, explica-se a metodologia utilizada e detalhe-se a base de dados. Na quinta seção, apresentam-se os resultados obtidos a partir da análise de componentes principais e, finalmente, a sexta seção conclui o trabalho evidenciando as possibilidades para futuras pesquisas no tema de inovação.

2. O cenário da inovação no Brasil, financiamento em C&T e seus desafios

Dentro da concepção de Sistemas Nacionais de Inovação em que vários agentes se relacionam e criam condições para o processo inovativo, o financiamento ocupa espaço de destaque. Contudo, para as empresas, adquirir tal financiamento pode revelar diversos desafios devido à própria natureza da inovação cercada pela incerteza (Gonçalves e Sant'ana, 2014). Segundo Dosi (1988), o componente de incerteza que envolve a atividade inovativa não está confinado apenas na indeterminação quanto ao sucesso do novo produto ou ao processo, envolve também o desconhecimento de soluções para “problemas tecno-econômicos” importantes e a rastreabilidade imprecisa das consequências.

Freeman e Soete (2008b) classificam as incertezas contidas no processo inovativo como incertezas técnicas, de mercado e gerais da economia ou dos negócios. Tais incertezas variam em grau podendo ser verdadeiras, muito altas, altas, moderadas, baixas e muito baixas. Além dos diferentes tipos de incerteza, há também dois tipos de riscos: riscos econômicos, relacionados à possibilidade de fracasso do projeto ou ainda à possibilidade de que quando o projeto seja concluído ele já tenha se tornado obsoleto, e os riscos financeiros, que se referem à dificuldade de, devido aos próprios riscos econômicos, mensurarem-se o montante e o perfil temporal dos retornos financeiros (Petrella (2001) como citado em Rapini et al. (2010)).

Há ainda a falha de mercado relacionada à dificuldade de apropriação privada dos benefícios da inovação. Isso porque o conhecimento gerado nas atividades inovativas provoca externalidades positivas que nem sempre podem ser absorvidas pelo seu produtor mesmo com as políticas de propriedade intelectual estabelecidas pelo Es-

tado. Tendo em vista que essas externalidades podem trazer benefícios significativos para a sociedade em geral, faz-se necessária a atuação do Estado para garantir que o processo de inovação de fato ocorra e produza melhorias para a população (Bastos, 2003).

Ademais, existe assimetria de informações entre os agentes incluídos no processo inovativo, visto que os empreendedores possuem mais clareza sobre o retorno dos projetos do que os financiadores (Gonçalves e Sant'ana, 2014). De acordo com a literatura neoclássica, os problemas supracitados da apropiabilidade e da assimetria informacional são os dois principais causadores da insuficiência de recursos para financiamento de P&D uma vez que eles criam poucos incentivos e meios para investir (Peneder, 2008).

Diante do exposto, fica evidente que a dificuldade de se quantificar com acurácia ex-ante os fluxos de retornos financeiros dos projetos de inovação é o maior obstáculo para a obtenção de crédito por meio das fontes tradicionais como bancos e o próprio mercado de ações. Às empresas resta, então, o autofinanciamento, a partir da aplicação dos lucros retidos, e o financiamento por meio de mecanismos e instituições alternativas na maioria das vezes ligadas ao setor público (Andrade e Rapini, 2019; Rapini, 2013).

Em relação ao sistema de inovação brasileiro, percebe-se que esse ainda é imaturo, com alta concentração de atividades e dispêndios na região centro-sul, baixa participação do setor privado no financiamento, cultura de inovação pouco desenvolvida e elevado nível de especialização (Carvalho et al., 2010; Santos, 2008; Rapini, 2013; Rapini e Righi, 2006).

Até os anos 2000, as políticas de incentivo à inovação foram pouco exploradas, pois o foco estava naquelas voltadas à estabilização econômica. Durante essa época, os investimentos públicos ocorreram em valores instáveis. A partir de então, esses passaram a crescer com regularidade, visando alcançar o *catching up* tecnológico no país. Para isso, houve uma reestruturação dos instrumentos legais que passaram a efetivamente oferecer apoio às ações para o progresso tecnológico (Gonçalves e Sant'ana, 2014; Dilascio et al., 2021). Entretanto, nos anos mais recentes, houve um declínio nos investimentos que vinham crescendo desde 2002 Dilascio et al. (2021).

Conforme dados da Coordenação-Geral de Indicadores de Ciência e Tecnologia (CGDI), os dispêndios nacionais em C&T e P&D, que vinham crescendo desde 2003, sofreram uma queda a partir de 2016 com leve recuperação em 2018-2019, e voltaram a cair em 2020. O pico ocorreu em 2015, quando os valores atingiram R\$ 134,8 bilhões e R\$106,8 bilhões, respectivamente. Em 2020, ano mais recente da pesquisa, os gastos foram de R\$102 bilhões em C&T e R\$ 87,1 bilhões em P&D (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023).

O padrão de gastos públicos e empresariais seguiu tendências similares durante o período analisado, com exceção de 2017, quando houve uma queda abrupta dos

dispêndios empresariais que não ocorreu no nível de dispêndio público. No geral, os dispêndios públicos e empresariais ocorrem em níveis equilibrados, mas os gastos do governo, na maioria das vezes excedem os privados. Apenas nos anos 2004, 2005 e 2019 os gastos privados ultrapassaram 50% do total (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023).

Adicionalmente, estão em vigor no Brasil algumas leis de incentivo à inovação que concedem isenção fiscal às empresas inovadoras. São elas: lei que dispõe sobre as importações de bens destinados à pesquisa científica e tecnológica (nº 8.010/90), lei que dispõe sobre a isenção ou redução de impostos de importação (nº 8.032/90), Lei de Informática (nº 8.248/91 e 10.176/01), lei que dispõe sobre os incentivos fiscais para a capacitação tecnológica da indústria e da agropecuária (nº 8.661/93) (revogada em 2005), Lei de Informática da Zona Franca (nº 8.387/91) e Lei do Bem (nº 11.196/05) (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023).

Segundo a Secretaria da Receita Federal do Brasil (RFB), desde 2011, os valores da renúncia fiscal relacionada a essas leis cresceram todos os anos com exceção de 2016. Em 2021, o valor total atingiu R\$10,8 bilhões de reais com a Lei de Informática sendo a responsável por 63,5% dos valores que foram isentos de cobrança (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023). De acordo com Peneder (2008), tais incentivos fiscais aumentam os gastos privados em P&D na mesma proporção em que são concedidos e, dessa forma, podem ser considerados como investimentos adicionais em inovação.

Com relação ao número de pessoas envolvidas nas atividades de pesquisa e desenvolvimento, de acordo com dados da CGDI, houve crescimento contínuo entre os anos 2000 e 2014 especialmente no setor de ensino superior. Em 2014, havia 591.461 pesquisadores atuando em P&D no Brasil. Dentre os pesquisadores, 37,2% possuíam doutorado e 45,4% possuíam mestrado (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023). Analisando-se os dados referentes ao ensino superior no país, percebe-se um aumento no número de concluintes entre os anos 2000 e 2018 e queda nos anos subsequentes. A área com maior número de concluintes é a de ciências sociais, negócios e direito. Nas engenharias, área importante para o desenvolvimento de novas tecnologias, a tendência de queda a partir de 2019 também se verifica. A quantidade de alunos titulados em mestrado e doutorado também registrou queda em 2019 e 2020, mas, a partir de 2021, houve uma leve recuperação. Neste ano, o número chegou a 45.359 nos programas de mestrado e 20.671 nos programas de doutorado (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023). Esses resultados, quando considerados em conjunto, permitem compreender a dinâmica recente da formação de recursos humanos no Brasil, revelando não apenas o perfil atual dos pesquisadores, mas também os desafios na capacitação de especialistas, que são elementos centrais para o apoio contínuo às atividades de pesquisa e inovação no país.

Conforme Rapini et al. (2008), a interação entre os agentes presentes no sistema de inovação é de suma importância. Nesse sentido, os grupos de pesquisa registrados

no Diretório do CNPq são uma maneira de apurar a relação entre dois desses agentes, a universidade e a empresa. Entre 2000 e 2016, o número de grupos, instituições e pesquisadores cadastrados no CNPq aumentou, chegando a 531, 37.460 e 199.566 respectivamente (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023). Tal resultado indica que o nível de interações entre as firmas e as instituições de ensino brasileiras têm se intensificado no decorrer dos anos, contribuindo para o SNI do país.

Um fator relevante que contribui para o esforço inovativo de um país é sua produção científica e tecnológica. Tendo em vista a falta de um indicador que reflete com perfeição esse fator, é utilizado o número de artigos publicados e de patentes depositadas e concedidas como *proxies* (Ferreira, 2004). Segundo dados do Scimago Journal & Country Rank (SJR), entre 2000 e 2021 o número de artigos brasileiros publicados em periódicos científicos indexados no Scopus aumentou em mais de 6 vezes, passando de 15.301 para 94.517. Nesse mesmo período, a participação de artigos brasileiros em relação ao total mundial foi de 1,25% para 2,7% (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023).

Em relação aos dados sobre patentes, percebe-se certa irregularidade no número de patentes depositadas entre os anos de 2000 e 2021. Conforme dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), o ano com o menor número foi 2003 (20.176), já o ano com o maior número foi 2013 (34.051). Em 2021, pelo terceiro ano consecutivo, houve queda, com o número chegando a 26.921. Vale destacar que em todos os anos da análise, a maioria dos depósitos foi realizada por não residentes. Em contrapartida, o número de patentes concedidas pelo INPI vem seguindo tendência de aumento desde 2014. Desde esse ano, o número aumentou quase 9 vezes, atingindo 27.629 em 2021, sendo 76,6% patentes de invenção (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023).

No que tange à taxa de inovação, de acordo com a PINTEC, houve queda de 2,4% entre o triênio 2012-2014 e 2015-2017. Neste último, aproximadamente 33,6% das 116.962 empresas analisadas foram inovadoras em produto ou processo e o montante de dispêndios em atividades inovativas atingiu R\$ 67,3 bilhões em 2017. A taxa de intensidade do dispêndio e a proporção de empresas que receberam algum apoio à inovação também diminuíram, alcançando 1,65% e 26,2%, respectivamente (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2020). Ainda de acordo com os resultados da PINTEC 2017, para as empresas em território brasileiro, os riscos econômicos excessivos foram considerados como o maior obstáculo à inovação, seguidos dos elevados custos, da falta de pessoal qualificado e da escassez de fontes de financiamento (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2020).

3. Sistemas regionais de inovação: contribuições teóricas e implicações para Minas Gerais

O conceito de sistemas regionais de inovação é um desdobramento do conceito de SNI, descrito na seção anterior, que surgiu na década de 1990 (Bastos et al., 2020). Entende-se que, mesmo dentro de um único país, existem diferenças regionais que afetam o desempenho e o desenvolvimento do processo de inovação. Dessa forma, faz-se necessário um estudo sobre os agentes envolvidos no processo (instituições, universidades, empresas, consumidores, etc.) por uma perspectiva mais desagregada (Carvalho et al., 2010).

Em síntese, a inovação é um dos pilares para o desenvolvimento econômico. Nesse sentido, a teoria dos SRIs atribui função de destaque aos agentes locais pois eles estimulam a inovação a partir da criação de economias externas e de escala, o que incentiva as empresas a interagirem no meio em que estão inseridas. Dessa maneira, a região representa um espaço vital para o fluxo de informação, ideias e conhecimento (Souza, 2005). Vale ressaltar que se entende região como um território habitado capaz de conectar o espaço social permitindo a interação entre pessoas, organizações e instituições, a qual é caracterizada como um fenômeno cultural que propicia um ambiente para a inovação e o crescimento regional (Rolim, 2003).

No SRI, tanto os agentes quanto os subsistemas públicos e privados (organizações de financiamento públicas e privadas, instituições de capacitação e treinamento, consumidores, empregados, etc) interagem para criar conhecimento, colocá-lo em prática e difundi-lo de modo que a região em que se inserem possa se desenvolver (Bastos et al., 2020). Além disso, as instituições de ensino são responsáveis por gerar e propagar o conhecimento enquanto as firmas ficam com a função de aplicá-lo. Destarte, o governo tem o importante papel de adotar políticas públicas que considerem as particularidades próprias do local para que elas estimulem o desenvolvimento do SRI (Marcellino et al., 2013; Furtado et al., 2022).

Cooke (1992) também ressalta a relevância das políticas públicas para o desenvolvimento do processo inovativo regional. O autor destaca a cultura, o sistema financeiro, as relações universidade-empresa e a qualificação profissional como pontos importantes para a força de um SRI. No entanto, Cooke (1992) conclui, a partir de uma análise de países com taxas de crescimento elevadas, que ações intermediárias governamentais fazem a diferença para o sucesso da inovação. Tais ações podem ser políticas ativas de incentivo financeiro às empresas inovadoras, políticas para desenvolvimento educacional, bem como criação de regulamentações para as inovações tecnológicas.

Outro fator evidenciado pela teoria dos sistemas regionais de inovação é a importância da proximidade geográfica para a difusão do conhecimento (Bastos et al., 2022). Para isso, uma infraestrutura urbana bem desenvolvida é essencial, pois ela viabiliza a relação entre as firmas e seus arredores. Além disso, em um ambiente social denso,

os fluxos de informação são maiores e capazes de potencializar o desenvolvimento de inovações (Caliari e Santos, 2012).

Segundo pesquisa realizada por Carvalho et al. (2010), existe elevado grau de desequilíbrio entre os SRIs brasileiros, com a região Sudeste apresentando valores maiores para produto industrial, produto da indústria de transformação, patente (*proxy* de inovação) e investimentos em P&D. Para os demais estados, os valores foram significativamente menores, o que sugere uma tendência no longo prazo neste quadro. Além disso, os autores identificaram ainda um desnível considerável dentro da própria região Sudeste.

Considerando apenas os dispêndios estaduais em C&T e P&D, houve crescimento contínuo de 2007 até 2015 quando, assim como a nível nacional, atingiu o pico em R\$25,5 bilhões e R\$19,3 bilhões respectivamente. Observa-se uma queda em 2016, com leve recuperação em 2017 e 2018, para voltar a cair em 2019 e 2020. Neste, o total gasto em C&T e P&D pelos governos estaduais foi de R\$18,56 bilhões em C&T e R\$14,12 bilhões em P&D (MCTI, 2023).

Verifica-se também elevado nível de desigualdade regional no que tange aos valores gastos tanto em C&T quanto em P&D. A região Sudeste foi responsável, em 2020, por 63,5% dos dispêndios estaduais em C&T, enquanto a região Norte possuiu parcela de apenas 3,6%. Nesse mesmo ano, o estado de São Paulo desembolsou R\$ 9,96 bilhões, o que representa mais do que a soma dos valores gastos pelos outros estados do país (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023).

No caso de Minas Gerais, Gonçalves e Sant'ana (2014) destacam que o estado representa um ambiente propício às atividades inovativas. Isso porque foi instituído o Sistema Mineiro de Inovação (SMI), que organiza as ofertas e as demandas tecnológicas dos três principais agentes: universidade, empresa e governo, através de uma plataforma operacional, além de atuar na formação de profissionais qualificados por meio da construção de Arranjos Produtivos Locais, Polos de Excelência e Polos de Inovação.

Outra ação importante do governo estadual foi a promulgação, no ano de 2008, da Lei Mineira de Inovação (Lei nº 17.348), cujo objetivo foi desenvolver a indústria mineira por meio de ações estaduais na esfera produtiva. Um ponto de destaque desta Lei foi a criação do Fundo de Incentivo à Inovação Tecnológica, que dispõe de recursos do Tesouro Estadual para o financiamento de projetos e empreendimentos de pesquisa (Lei n. 17.348, de 17 de janeiro de 2008, 2008).

Para mais, o estado possui também instituições com crescente atuação no processo de inovação tais como a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e o Banco do Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG) que vêm atuando no sentido de modernizar o setor industrial mineiro e reduzir desigualdades regionais. No período de 2011 a 2016, o banco investiu aproximadamente R\$170 milhões em 70 projetos de inovação (Andrade e Rapini, 2019).

Outrossim, vale ressaltar o contexto educacional em Minas Gerais. O estado possui a maior concentração de universidades federais do país, com 11 instituições em seu território, o que representa quase 20% do total nacional (Chiarini et al., 2012). Ademais, conta com uma Política de Incentivo à Inovação (PII), considerada um programa pioneiro no Brasil, em que aproxima as demandas do setor produtivo aos projetos de pesquisa científica realizados nas universidades (Cóser et al., 2012).

Segundo Pereira et al. (2018), o SMI representa um “complexo e diverso” sistema com dimensões científicas e tecnológicas, sendo as mais expressivas devido a um elevado número de instituições já consolidadas na área de educação. Todavia, a interação entre os componentes do sistema ainda é frágil, pois há dificuldade na coordenação entre eles devido às formas de atuação distintas em cada setor. De acordo com Santos (2008), o sistema de inovação do estado de Minas Gerais pode ser considerado uma reflexão do sistema brasileiro. O SNI brasileiro foi fundamentado no século XX, a partir do processo de substituição de importações e ainda é imaturo, dependente do setor público para o fornecimento de infraestrutura científica, com produções científico-tecnológicas muito concentradas regionalmente e baixo envolvimento do setor privado.

No estado mineiro, as instituições de ensino superior são fundamentais para a formação de profissionais capacitados e para o desenvolvimento de pesquisa. Contudo, não se verifica uma interação significativa entre universidades e empresas, com exceção do setor agropecuário (Avellar et al., 2008). Dos relacionamentos que se verificam entre esses agentes, constata-se que as universidades são importantes para fornecer informações úteis à finalização dos projetos e para sugerir novas ideias (Rapini et al., 2008).

A partir do indicador elaborado pelos autores Furtado et al. (2022), o SRI mineiro foi classificado como um sistema homogêneo, mas obteve desempenho apenas mediano nas dimensões analisadas. As empresas se destacaram ao demonstrar propensão a inovar e estabelecer relações com o entorno, contudo é necessário aumentar os dispêndios públicos e empresariais em CT&I e em recursos humanos para que a região possa atingir seu potencial.

Em 2020, Minas Gerais despendeu R\$638 milhões em C&T e R\$248 milhões em P&D, ficando em quarto e sexto lugar, nessa ordem, no quesito dispêndios estaduais. Contudo, vale ressaltar que esses valores, apesar de significativos, representam apenas 0,56% e 0,22% do PIB mineiro respectivamente. Isso indica que o estado ainda pode avançar nos seus esforços para incentivar a inovação (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023).

No que diz respeito aos indicadores educacionais de Minas Gerais, segundo dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), em 2021, 141.296 estudantes concluíram o ensino superior (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), 2022). Além disso, de acordo

com os dados estatísticos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), também em 2021, 5.152 pessoas receberam o título de mestre no estado e 2.164 foram titulados como doutores (GEOCAPES, 2022). Em relação ao Diretório do CNPq, os grupos de pesquisa registrados que operam em MG também aumentaram no período entre 2000 e 2016. Esses passaram de 1.026 para 3.477 com 21.461 pesquisadores, sendo 72,1% deles doutores. Tal porcentagem coloca Minas Gerais como o terceiro estado com maior número de doutores atuando em grupos de pesquisa.

Entre as patentes depositadas por residentes no INPI, no período de 2000 a 2021, em média, 721 pedidos foram feitos por residentes de Minas Gerais, desses, 458 foram de patentes de invenção. Em 2021, foram feitos 7.288 pedidos, sendo 33,01% deles originários de São Paulo, 10,73% de Minas Gerais e 10,07% do Rio Grande do Sul. Esse resultado indica a relevância da produção científica do estado mineiro já que esse alcançou o segundo maior número de depósitos (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023).

Tendo em vista o papel fundamental da inovação para o desenvolvimento e o crescimento das regiões evidenciados anteriormente, fica clara a importância de estudos que visam detalhar o panorama atual de um sistema regional de inovação. Isso para que os agentes (firmas, consumidores, governo, instituições de ensino, pesquisadores, entre outros) possam tomar medidas mais assertivas para impulsionar as atividades inovativas. Dessarte, a escolha do sistema regional mineiro justifica-se por sua relevância no âmbito do SNI brasileiro, evidenciada tanto pelas ações governamentais ativas de incentivo à inovação quanto pelo robusto cenário educacional e de pesquisa presente no estado.

4. Metodologia e base de dados

Para dimensionar o sistema regional de inovação de Minas Gerais, este trabalho adota a denominação das microrregiões mineiras a partir de uma tipologia construída com base em técnica multivariada proposta por Muller et al. (2008). Essa abordagem parte do pressuposto de que a capacidade inovativa de uma região resulta da interação de cinco dimensões: criação de conhecimento, capacidade de absorção do novo conhecimento criado, capacidade de difusão desse conhecimento, demanda pela sua utilização e articulação entre os fatores envolvidos.

Desta forma, a tipologia que será apresentada caracteriza o resultado de uma das técnicas de análise multivariada, a saber, a análise de componentes principais (ACP). Tal análise foi utilizada para reduzir o número de variáveis e verificar quais delas explicam a maior parte da variação identificada. O artigo de Muller et al. (2008) encontrou três indicadores que têm mais relação com a variação na capacidade de inovar de cada região. São eles: potencial de inovação, nível geral de educação e dinâmica e estrutura da economia. Tomando esses indicadores como base, uma tipologia das

regiões foi criada e cinco grupos foram formados identificando os diferentes padrões de inovação de cada região Muller et al. (2008). A seguir será apresentada a técnica multivariada utilizada.

4.1 Análise de Componentes Principais

A ACP é uma técnica estatística multivariada desenvolvida inicialmente por Pearson (1901), que visa reduzir a dimensionalidade de um conjunto de dados para simplificar a visualização e a interpretação deles. Essa técnica agrupa variáveis correlacionadas entre si em um número menor de variáveis (componentes) não relacionadas que explicam grande parte da variância do conjunto original com perda mínima de informação (Hongyu et al., 2016; Montenegro, 2017; Monte, 2017; Manly, 2008; Favero e Belfiore, 2017).

Para que a análise de componentes principais seja considerada uma técnica adequada a ser utilizada com o conjunto de dados que se possui, é necessário realizar dois testes, nomeadamente, a estatística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o teste de esfericidade de Bartlett (Favero e Belfiore, 2017; Moreira, 2007). A estatística KMO varia de 0 a 1 e relaciona os coeficientes de correlação observados com os coeficientes de correlação parcial das variáveis. Quanto mais próximo de um, mais adequada é a técnica uma vez que esse valor indica que as variáveis compartilham alto percentual de variância (Favero e Belfiore, 2017; Moreira, 2007). Já o teste de Bartlett revela a presença ou não de correlação entre as variáveis através da comparação entre a matriz de correlações e uma matriz identidade de mesma dimensão. Caso as correlações entre as variáveis sejam estatisticamente iguais a zero, a ACP não é recomendada (Favero e Belfiore, 2017; Moreira, 2007).

Considerando um conjunto de dados com p variáveis para n indivíduos, o primeiro componente principal, Z_1 , será uma combinação linear das variáveis ($Z_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p$) que maximiza a variância do componente, $\text{Var}(Z_1)$, dado que a soma dos quadrados das constantes seja igual a um ($a_{11}^2 + a_{12}^2 + \dots + a_{1p}^2 = 1$). O segundo componente principal atende as mesmas condições acima, além de possuir correlação zero com o primeiro componente principal. Os demais componentes são definidos seguindo essa mesma lógica, sem correlação entre si, até o p -ésimo componente. Vale destacar que o primeiro componente é o que possui a maior variância. Esta decresce conforme mais combinações lineares são feitas de forma que o componente Z_p é o que possui a menor variância (Manly, 2008; Monte, 2017).

Isso posto, uma análise de componentes principais envolve encontrar os autovaleores e autovetores da matriz de covariância C associada às variáveis X_1, X_2, \dots, X_p (Manly, 2008; Monte, 2017). A matriz de covariância C é simétrica, os elementos da diagonal são as variâncias das variáveis e os termos fora da diagonal são as covariâncias entre as variáveis. Os autovaleores dessa matriz ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$) são as variâncias dos componentes principais ($\lambda_i = \text{Var}(Z_i)$) e a soma deles é igual à soma dos elementos da diagonal da matriz C (Manly, 2008). Tendo em vista que o elemento da diagonal é

a variância da variável original e o autovalor é a variância do componente principal, é possível afirmar que os componentes principais abrangem toda a variação do conjunto de dados original conforme a intenção da técnica (Manly, 2008). Os coeficientes da combinação linear de cada componente, a_{ip} , que estão restringidos pela condição de que a soma dos seus quadrados seja igual a um, são os autovetores da matriz c (Manly, 2008).

Logo, para que uma ou mais variáveis não tenham influência incorreta sobre os componentes principais, é indicado que as variáveis sejam padronizadas para terem média zero e variâncias iguais a um ao iniciar uma análise. A matriz de covariância torna-se, então, uma matriz de correlação e a ACP é feita sobre essa matriz. Diante disso, a soma dos elementos da diagonal, isto é, dos autovalores, é igual a p , o número de variáveis da amostra (Manly, 2008). Ademais, após a padronização das variáveis, o autovalor dividido pela quantidade de variáveis representa a proporção da variação total explicada pelo respectivo componente principal (Monte, 2017).

Após a elaboração das combinações lineares que resultam nos p componentes principais da amostra é preciso decidir quantos desses componentes principais são de fato necessários para explicar as variações no conjunto de dados. Para isso não existe uma resposta única, sendo possível a utilização de diversos métodos diferentes. Um deles é a regra de Kaiser segundo a qual devem ser retidos apenas os componentes cujos autovalores sejam maiores do que um, os demais podem ser descartados sem perda significativa de informação (Monte, 2017; Favero e Belfiore, 2017). Outro critério considera útil reter apenas os primeiros poucos componentes principais, desde que a soma de suas variâncias represente uma grande parcela do total das variâncias, neste caso correspondente a 70% (Manly, 2008).

Deste modo, os resultados apurados após a aplicação da técnica serão úteis a fim de elaborar um indicador de inovação para cada microrregião mineira bem como de identificar padrões de inovação dentro das microrregiões (Muller et al., 2008). Assim, será possível agrupá-las de acordo com os componentes que se sobressaem, conforme (Muller et al., 2008), e observar as ações que podem impulsionar a inovação em cada grupo formado.

4.2 Base de dados

Cada uma das dimensões propostas no trabalho de (Muller et al., 2008) possui variáveis a ela relacionadas, que serão coletadas para todas as microrregiões mineiras entre os anos de 2016 e 2023, de acordo com a disponibilidade de informações. Vale ressaltar que será necessário adaptá-las ao cenário brasileiro, uma vez que a pesquisa de Muller et al. (2008) foi realizada para os novos membros da União Europeia, a saber: Bulgária, Chipre, República Tcheca, Estônia, Hungria, Letônia, Lituânia, Malta, Polônia, Romênia, Eslováquia e Eslovênia. A seguir, é apresentado o Quadro 1 com as dimensões e suas respectivas variáveis utilizadas no trabalho supracitado e o Quadro 2 com as variáveis encontradas para as microrregiões mineiras bem como a fonte e o período.

Quadro 1: Variáveis relacionadas a cada dimensão

DIMENSÕES	CARACTERÍSTICAS	VARIÁVEIS
1	Criação de conhecimento	Dispêndios em P&D (%PIB) Pessoas empregadas em P&D em tempo integral Concentração de patentes Concentração de publicações nas áreas de ciências biológicas e nanociência
2	Capacidade de absorção	Dispêndios em P&D realizados pelas firmas (%PIB) Dispêndios em educação superior (%PIB) Porcentagem dos domicílios com acesso à <i>internet</i> População com ensino superior completo População com ensino médio completo População com ensino superior ou ensino médio completo População com “ <i>lifelong learning</i> ”
3	Capacidade de difusão	Infraestrutura de difusão de tecnologia População empregada em serviços de alta tecnologia População empregada em manufaturas População empregada em agricultura Quantidade de firmas que utilizam <i>internet banking</i>
4	Demanda	PIB <i>per capita</i> Crescimento acumulado do PIB Taxa de desemprego Densidade demográfica Mudanças na densidade demográfica
5	Governança	Participação em iniciativas da União Europeia Quantidade de firmas que utilizam “ <i>e-administration</i> ” Quantidade de regiões com sites disponíveis

Fonte: Elaboração própria com base em Muller et al. (2008).

Quadro 2: Variáveis relacionadas a cada dimensão para Minas Gerais

DIMENSÕES	CARACTERÍSTICAS	VARIÁVEIS	FONTE	ANO
1	Criação de conhecimento	Pessoas ocupadas em P&D (% da população total) Depósitos de patentes <i>per capita</i> Acessos de banda larga fixa por 100 habitantes	RAIS INPI ANATEL	2021 2017 2022
2	Capacidade de absorção	Investimento em educação <i>per capita</i> Matrículas do ensino superior (% da população total) Matrículas do ensino médio regular (% da população total) Matrículas no ensino profissionalizante (% da população total)	STN INEP INEP INEP	2021 2021 2022 2022
3	Capacidade de difusão	Pessoas ocupadas em indústrias de alta e média-alta tecnologia (% da população total) Pessoas ocupadas em serviços de alta e média-alta tecnologia (% da população total) Pessoas ocupadas em agricultura (% da população total)	RAIS RAIS RAIS	2021 2021 2021
4	Demanda	PIB <i>per capita</i> População ocupada (% da população total)	IBGE CEMPRE	2020 2021
5	Governança	Densidade demográfica <i>Ranking de transparência</i> Indicador de transparência	IBGE MPF CFA	2022 2016 2021

Fonte: Elaboração própria.

A seguir, serão apresentadas as descrições de cada dimensão, segundo Muller et al. (2008), e um detalhamento das variáveis utilizadas no artigo.

1^a DIMENSÃO: Criação de conhecimento

Conforme já mencionado, a criação de conhecimento é fundamental no processo de inovação podendo gerar um impacto significativo na capacidade inovativa de uma região (Chiarini et al., 2012; Rapini et al., 2008). Segundo Muller et al. (2008), essa dimensão pode ser representada pelo dispêndio e pessoal ocupado em pesquisa e desenvolvimento e pela concentração de patentes e de publicações científicas. Não foi possível encontrar dados a nível municipal ou microrregional para a variável de dispêndio em P&D ou de publicações científicas.

Pessoas ocupadas em P&D: proporção entre o número de pessoas ocupadas na divisão 721 da CNAE 2.0 (Classificação Nacional de Atividades Econômicas) e a população total da microrregião. Os dados de emprego foram extraídos da RAIS (Relação Anual de Informações Sociais) através do portal do Ministério do Trabalho e os de população total da microrregião foram extraídos das Estimativas da População do IBGE, ambos considerando o ano de 2021. O ano mais recente de publicação da RAIS é 2021 e, por isso, esse período foi o escolhido.

Depósitos de patentes: resultado da soma dos depósitos de todos os tipos de patentes realizados pela microrregião dividido pela população total da microrregião. As informações sobre os depósitos de patentes são disponibilizadas no site do INPI e a estimativa populacional, no site do IBGE. Para essa variável foi considerado o ano de 2017, visto que é o ano mais recente de divulgação das estatísticas do INPI.

2ª DIMENSÃO: Capacidade de absorção

Tendo em vista que o processo inovativo é o produto da interação entre diferentes agentes, é necessário não só que o conhecimento seja criado como também absorvido para que ele gere resultados (Freeman e Soete, 2008b; Etzkowitz, 2002). De acordo com Muller et al. (2008), essa dimensão pode ser mensurada através do nível educacional da população, da taxa de dispêndio em educação superior, da relevância do “*lifelong learning*” e da densidade de uso da internet. Não foi possível encontrar dados sobre “*lifelong learning*” a nível municipal ou microrregional.

Acessos de banda larga fixa: os dados são disponibilizados pela Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) e representam a quantidade de acessos de banda larga fixa por 100 habitantes por mês em cada município. Foi escolhido o período de janeiro de 2022 para não haver grande discrepância entre essa variável e o *ranking* de transparência do MPF (Ministério Público Federal) elaborado em 2016. O valor para cada microrregião é o resultado da média aritmética entre os valores de cada município que compõe a microrregião.

Investimento em educação: representado pela média aritmética do valor de despesas municipais empenhadas em 2021 na conta de educação dividido pela população de cada município que compõe a microrregião. As informações são disponibilizadas no Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro pela Secretaria do Tesouro Nacional (STN).

Matrículas do ensino superior: proporção entre o número de matrículas em cursos de graduação na microrregião e a população total da microrregião no ano de 2021. Os dados foram extraídos do Censo da Educação Superior de 2021 elaborado pelo INEP. O ano mais recente de publicação é 2021 e, por isso, esse período foi o escolhido.

Matrículas do ensino médio regular: proporção entre o número de matrículas do ensino médio regular na microrregião e a população total da microrregião no ano de 2022. Os dados foram extraídos do Censo Escolar de 2022 elaborado pelo INEP. O ano mais recente de publicação é 2022 e, por isso, esse período foi o escolhido.

Matrículas do ensino profissionalizante: proporção entre o número de matrículas da educação profissional na microrregião e a população total na microrregião no ano de 2022. Os dados foram extraídos do Censo Escolar de 2022 elaborado pelo INEP.

3^a DIMENSÃO: Capacidade de difusão

Segundo Muller et al. (2008), os benefícios do investimento em inovação só serão possíveis com a difusão do conhecimento criado. Além disso, se o conhecimento é bem difundido, as capacidades de absorção são ampliadas. Para os autores, os indicadores de infraestrutura tecnológica, emprego e uso da internet pelas empresas são úteis para avaliar essa dimensão. Não foi possível encontrar dados a nível municipal ou microrregional para os indicadores de infraestrutura tecnológica e uso da internet pelas empresas.

Pessoas ocupadas em indústrias de alta e média-alta tecnologia: proporção entre o número de pessoas ocupadas nas divisões 19, 20, 21, 26, 27 e 28² e nos grupos 25.5, 30.3, 30.4, 30.5, 30.9 e 32.5³ da CNAE 2.0 e a população total da microrregião. Os dados de emprego foram extraídos da RAIS através do portal do Ministério do Trabalho e os de população total da microrregião foram extraídos das Estimativas da População do IBGE, ambos considerando o ano de 2021. Essas divisões e grupos foram escolhidos por representarem indústrias de manufatura de alta e média-alta tecnologia, segundo a Classificação de Intensidade Tecnológica da OCDE (Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OECD), 2016). A conversão entre ISIC 4.0 (*International Standard Industrial Classification*) e CNAE 2.0 foi feita com base na tabela de correspondência disponibilizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2007).

Pessoas ocupadas em serviços de alta e média-alta tecnologia: proporção entre o número de pessoas ocupadas nas divisões 62, 63 e 72⁴ da CNAE 2.0 e a população total da microrregião. Os dados de emprego foram extraídos da RAIS através do portal do Ministério do Trabalho e os dados de população total da microrregião foram extraídos das Estimativas da População do IBGE, ambos considerando o ano de 2021. Essas divisões foram escolhidas por representarem indústrias de não-manufatura de alta e média-alta tecnologia segundo a Classificação de Intensidade Tecnológica da OCDE (Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OECD), 2016). A conversão entre ISIC 4.0 e CNAE 2.0 foi feita com base na tabela de correspondência disponibilizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2007).

Pessoas ocupadas em agricultura: proporção entre o número de pessoas ocu-

²Divisões da CNAE: 19 - fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis; 20 - fabricação de produtos químicos; 21 - fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos; 26 - fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos; 27 - fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos e 28 - fabricação de máquinas e equipamentos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2007).

³Grupos da CNAE: 25.5 - fabricação de equipamento bélico pesado, armas de fogo e munições; 30.3 - fabricação de veículos ferroviários; 30.4 - fabricação de aeronaves; 30.5 - fabricação de veículos militares de combate; 30.9 - fabricação de equipamentos de transporte não especificados anteriormente e 32.5 - fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2007).

⁴Divisões da CNAE: 62 - atividades dos serviços de tecnologia da informação; 63 - atividades de prestação de serviços de informação e 72 - pesquisa e desenvolvimento científico.

padas na divisão⁵ da CNAE 2.0 e a população total da microrregião. Os dados de emprego foram extraídos da RAIS através do portal do Ministério do Trabalho e os dados de população total da microrregião foram extraídos das Estimativas da População do IBGE, ambos considerando o ano de 2021.

4^a DIMENSÃO: Demanda

Para que o processo de inovação seja iniciado, é necessário que haja estímulos e a demanda por inovação é um dos principais mecanismos incentivadores para as empresas. Isso porque são as necessidades dos demandantes que criam mercado para os produtos inovadores gerando lucro para as empresas Muller et al. (2008). O PIB *per capita*, o crescimento acumulado desse, a densidade demográfica e sua variação e a taxa de desemprego refletem, segundo os autores Muller et al. (2008), o panorama da demanda em uma região. Não foi possível encontrar dados a nível municipal ou microrregional para as variáveis de crescimento acumulado do PIB, mudanças na densidade demográfica e taxa de desemprego. Para substituir esse último, utilizou-se a taxa da população ocupada.

PIB *per capita*: resultado da média aritmética do PIB *per capita* dos municípios que compõem cada microrregião. Os dados foram extraídos das estatísticas de Contas Nacionais do IBGE. O ano mais recente de publicação é 2020 e, por isso, esse período foi escolhido.

População ocupada: proporção entre o número de pessoas ocupadas e a população total da microrregião. A quantidade de pessoas ocupadas foi extraída das Estatísticas do Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) divulgado pelo IBGE e a população total da microrregião foi retirada das Estimativas da População do IBGE. Ambos consideraram o ano de 2021, visto que é o ano mais recente de publicação do CEMPRE.

Densidade demográfica: resultado da soma da área da microrregião dividida pela população total da microrregião. As informações utilizadas baseiam-se na publicação do Panorama do Censo Demográfico de 2022 divulgado pelo IBGE.

5^a DIMENSÃO: Governança

Conforme destacado por Cooke (1992), o sucesso do processo inovativo depende fortemente das ações intermediárias governamentais. Essas ações contribuem para uma boa coordenação entre as quatro dimensões explicadas anteriormente. Faz-se necessário, então, verificar a qualidade da governança nas análises realizadas (Muller et al., 2008). Para tanto, Muller et al. (2008) consideraram importante mensurar a participação dos Estados em iniciativas da União Europeia, a quantidade de firmas utilizando *e-administration* e a presença online dos governos. Não foram encontradas variáveis que pudessem substituir os dois primeiros indicadores do trabalho de Muller et al. (2008), contudo, as variáveis explicitadas abaixo abrangem, além de outros tópicos importantes de governança, a presença de informações *online* para os cidadãos

⁵Divisão 1 da CNAE: agricultura, pecuária e serviços relacionados.

das microrregiões.

Ranking de transparéncia: índice elaborado pelo Ministério Público Federal com base em um questionário aplicado entre abril e maio de 2016 aos municípios e fundamentado nas exigências legais da Estratégia Nacional de Combate à Corrupção e Lavagem de Dinheiro de 2015. Cada pergunta gera uma pontuação que pode ter peso diferente dependendo da importância da questão. Todas as respostas entram na estruturação da nota que enquadra o município em uma posição do *ranking*.

Indicador de transparéncia: o Conselho Federal de Administração (CFA) elaborou um índice de governança municipal com base em notas de três dimensões: finanças, gestão e desempenho. Para cada uma das dimensões do índice, existem outros indicadores que as compõem. Dentro da dimensão de gestão, há o indicador de transparéncia formulado a partir da média das notas das variáveis: informações disponíveis, pendências do CAUC e informações coletadas no MUNIC sobre a promoção da transparéncia. Escolheu-se o ano de 2021, ao invés de 2023 (ano mais recente da publicação), para não haver grande discrepância entre essa variável e o *ranking* de transparéncia do MPF.

A partir da base de dados apresentada, uma análise de estatísticas descritivas, de testes de adequação do método (KMO e Esfericidade de Bartlett) e, por fim, de componentes principais foi realizada por meio do *software* Stata. Os resultados obtidos serão expostos e discutidos na próxima seção. Cabe destacar que a base de dados utilizada contempla variáveis com diferentes anos de referência, variando entre 2016 e 2022, em função da disponibilidade de informações desagregadas no nível microrregional. Reconhece-se que essa heterogeneidade temporal pode introduzir distorções, sobretudo diante de choques estruturais recentes, como a pandemia da COVID-19. Para mitigar esse problema, adotaram-se duas estratégias. Em primeiro lugar, buscou-se selecionar, sempre que possível, os anos mais próximos, de forma a reduzir discrepâncias entre os indicadores. Em segundo lugar, todas as variáveis foram padronizadas antes da aplicação da Análise de Componentes Principais, procedimento que permite controlar diferenças de escala e atenuar a influência de variações específicas de determinado período. Ainda assim, admite-se essa limitação como inerente ao recorte empírico adotado, sendo tratada de maneira transparente na interpretação dos resultados.

5. Resultados

Esta seção apresenta os resultados obtidos por meio da análise multivariada realizada para as 15 variáveis explicitadas anteriormente e as 66 microrregiões mineiras. A seguir, serão analisadas as estatísticas descritivas e as características das dimensões científicas e tecnológicas. Em primeiro lugar, tem-se a análise das estatísticas descritivas dos dados a partir da Tabela 1. É possível observar que a dimensão de criação de conhecimento é pouco expressiva em todo o estado, podendo haver par-

ticipação nula em algumas das microrregiões pesquisadas. Na segunda dimensão, capacidade de absorção, verifica-se que há acesso à internet em todas as microrregiões e, se por um lado, observam-se taxas de matrícula similares, por outro, há alta discrepância entre os níveis de investimento em educação. No que se refere à dimensão de capacidade de difusão, enquanto todas as microrregiões possuem população ocupada no setor de agricultura, o mesmo não pode ser dito dos setores de indústria e serviços de alta e média-alta tecnologia.

Em relação à dimensão de demanda, percebe-se alta disparidade no PIB *per capita* e na densidade demográfica. Esse último resultado era esperado, pois 56,5% dos 853 municípios mineiros tem menos de 10 mil habitantes, enquanto Belo Horizonte possui mais de 2,3 milhões de habitantes segundo dados do Censo Demográfico de 2022 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2023). Por fim, a dimensão de governança, embora avalie aspectos similares, mostra clara diferenciação entre os indicadores, evidenciada tanto na média quanto nos valores extremos.

Conforme Favero e Belfiore (2017) e Moreira (2007), foram realizados os testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e de esfericidade de Bartlett para verificar a adequação da análise de componentes principais para o conjunto de dados escolhido. O teste de KMO registrou valor de 0,736 significando adequação média de acordo com Favero e Belfiore (2017), mas suficiente para dar continuidade à análise dado que o teste de esfericidade de Bartlett comprovou que as correlações entre as variáveis são estatisticamente diferentes de zero ($\chi^2 = 709,564$ a 105 graus de liberdade e p -valor $< 0,05$).

Tabela 1. Estatísticas descritivas

Variáveis	Descrição	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo
po_pd	População ocupada em P&D	0,000	0,000	0,000	0,003
pat	Depósitos de patentes	0,000	0,000	0,000	0,000
banda	Densidade de acesso à banda larga	13,031	4,276	4,296	21,367
invest_ed	Investimento em educação	903,172	160,083	625,906	1.277,679
mat_grad	Matriculados em graduação	0,041	0,049	0,002	0,242
mat_em	Matriculados no ensino médio	0,040	0,022	0,008	0,136
mat_ep	Matriculados no ensino profissionalizante	0,011	0,009	0,000	0,045
po_ind	População ocupada em indústrias de AT e MAT	0,001	0,005	0,000	0,039
po_ser	População ocupada em serviços de AT e MAT	0,005	0,008	0,000	0,049
po_ag	População ocupada na agricultura	0,018	0,019	0,001	0,082
pib	PIB	24.200,640	9.442,068	12.331,520	65.036,590
dens	Densidade demográfica	41,700	69,700	4,461	554,624
po	População ocupada	0,211	0,062	0,109	0,434
ind_mpf	Ranking de transparência	3,902	1,160	1,800	6,767
ind_cfa	Indicador de transparência	7,257	0,371	6,578	8,336

Fonte: Elaboração própria.

Ainda que o trabalho de Muller et al. (2008) tenha dividido os novos membros da União Europeia em cinco grupos após a análise multivariada, optou-se por manter, neste trabalho, apenas os quatro primeiros componentes principais. Tal escolha é justificada pelo fato de que os demais componentes possuem autovalor menor do que

um e o descarte deles não implica em perda significativa de informação segundo a regra de Kaiser (Monte, 2017; Favero e Belfiore, 2017). Os componentes escolhidos explicam 72,77% da variação observada, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Variância total dos componentes principais

Componentes	Autovalor	Variação individual	Variação acumulada
1	5,483	0,366	0,366
2	2,762	0,184	0,550
3	1,412	0,094	0,644
4	1,258	0,084	0,728
5	0,987	0,066	0,794
6	0,759	0,051	0,844
7	0,647	0,043	0,887
8	0,494	0,033	0,920
9	0,367	0,025	0,945
10	0,237	0,016	0,960
11	0,189	0,013	0,973
12	0,184	0,012	0,985
13	0,101	0,007	0,992
14	0,081	0,005	0,997
15	0,039	0,003	1,000

Fonte: Elaboração própria.

Quanto ao perfil de cada componente (Tabela 3), além dos pesos dos componentes principais em cada microrregião (Anexo 1), é possível salientar o peso da dimensão de criação de conhecimento para o Componente 1 bem como das variáveis ligadas ao número de matrículas e de pessoas ocupadas em indústrias de alta e média-alta tecnologia. Pertencem a esse grupo as microrregiões de Conselheiro Lafaiete, Diamantina, Janaúba, Juiz de Fora, Lavras, Ouro Preto, Pouso Alegre e Uberlândia. Desses oito, seis abrigam *campus* de universidades federais e as outras duas, de institutos federais – fator que explica a relevância do número de matrículas. Além disso, tais microrregiões atuam como polos de atração para empresas e pesquisas inovadoras por gerarem profissionais qualificados (Rapini et al., 2008; Chiarini et al., 2012), explicando também as altas taxas de população ocupadas em P&D e indústrias de alta e média-alta tecnologia e de depósitos de patentes. Logo, as características supracitadas podem ser configuradas em um grupo denominado “regiões criadoras de conhecimento”.

No que se refere ao Componente 2, destacam-se as variáveis de acesso à banda larga fixa, densidade demográfica, população ocupada e *ranking* de transparência do MPF. Vale ressaltar que embora as variáveis de PIB *per capita* e investimento em educação não sejam tão significativas quanto as demais, elas são mais expressivas positivamente nesse componente em comparação aos outros três. A maioria das microrregiões mineiras se enquadra nesse componente, 26 de 66, nomeadamente: Aimorés, Alfenas, Andrelândia, Araxá, Barbacena, Belo Horizonte, Bom Despacho, Caratinga, Cataguases, Conceição do Mato Dentro, Divinópolis, Formiga, Governador Valadares,

Guanhães, Ipatinga, Itabira, Itaguara, Itajubá, Montes Claros, Muriaé, Pará de Minas, Poços de Caldas, São Lourenço, Sete Lagoas, Três Marias e Uberaba.

Tabela 3. Caracterização das variáveis nos componentes principais

Variáveis	Componentes			
	1	2	3	4
po_pd	0,376	-0,106	-0,245	-0,004
pat	0,372	0,004	-0,185	0,208
banda	0,172	0,413	0,250	0,024
invest_ed	0,197	0,253	0,143	-0,529
mat_grad	0,396	-0,084	-0,112	0,152
mat_em	0,325	-0,293	0,088	0,133
mat_ep	0,350	-0,147	0,041	0,051
po_ind	0,339	-0,045	-0,180	-0,007
po_ser	0,180	0,059	0,433	-0,133
po_ag	0,185	-0,168	0,514	0,039
pib	0,237	0,254	0,171	-0,296
dens	0,053	0,379	-0,342	0,133
po	0,100	0,495	-0,239	-0,107
ind_mpf	0,079	0,322	0,151	0,540
ind_cfa	-0,104	0,221	0,301	0,452

Fonte: Elaboração própria.

Outrossim, as microrregiões que formam esse grupo são mais populosas e melhor desenvolvidas economicamente além de possuírem entidades governamentais preocupadas com a governança o que é refletido no *ranking* de transparência do MPF. Nesse sentido, as variáveis com maior peso apresentam um forte quadro urbano pela alta taxa de população ocupada, elevado nível de PIB *per capita*, maior densidade demográfica e acesso à internet mais difundido. A infraestrutura urbana presente em tais microrregiões é essencial para o cenário inovativo uma vez que a circulação de informação é potencializada pelos relacionamentos que são estabelecidos entre as empresas e seus arredores (Bastos et al., 2022; Caliari e Santos, 2012). Diante disso, este grupo é denominado “regiões urbanas demandantes”.

O Componente 3 se caracteriza por variáveis como população ocupada em serviços de alta e média-alta tecnologia e em agricultura, densidade demográfica e transparência. Estão presentes nesse componente as seguintes microrregiões: Bocaiúva, Curvelo, Frutal, Ituiutaba, Oliveira, Paracatu, Patos de Minas, Patrocínio, Piuí, Santa Rita do Sapucaí, Unaí e Varginha. O peso da variável de população ocupada em agricultura ligado ao valor negativo da variável de densidade demográfica revela uma imagem rural para as microrregiões desse grupo.

Contudo, a taxa significativa de população ocupada em serviços de tecnologia, combinada com o indicador de transparência do CFA, revela que há potencial para difusão de conhecimento ainda que seja necessário avançar nos aspectos criativos. Sendo assim, o grupo é denominado “regiões rurais com potencial para desenvolvimento”.

Por fim, no quarto componente, a dimensão que se distingue é a de governança, com ambos os indicadores exibindo pesos significativos na variação. Além disso, a variável de investimento em educação se sobressai pelo peso negativo na construção do componente assim como a variável do PIB *per capita*, ainda que este último em menor grau. Esse componente também apresenta volume considerável de microrregiões, 19 de 66, sendo elas: Almenara, Araçuaí, Campo Belo, Capelinha, Grão Mogol, Januária, Manhuaçu, Mantena, Nanuque, Passos, Peçanha, Pedra Azul, Ponte Nova, Salinas, São João Del Rei, São Sebastião do Paraíso, Teófilo Otoni, Ubá e Viçosa. No Anexo 2, encontra-se a classificação de todas as microrregiões pela sua respectiva tipologia.

Ao comparar as características desse grupo com os demais, é possível notar que as microrregiões presentes no quarto componente possuem algum grau de desenvolvimento científico dado o número de patentes depositadas e o número de pessoas matriculadas em cursos de graduação. Entretanto, essas microrregiões carecem de dinamismo e de diversidade industrial, o que impacta substancialmente no potencial inovador, considerando o papel central das empresas nos sistemas de inovação (Avelar et al., 2008; Rapini et al., 2008). Isso posto, o quarto grupo é denominado “regiões subdesenvolvidas industrialmente”.

Resultados semelhantes foram encontrados em outros estudos referentes a estados (Furtado et al., 2022) e microrregiões (Caliari e Santos, 2012; Montenegro et al., 2011; Mendes e Santos, 2018), ainda que com particularidades. A comparação com esses trabalhos evidencia que, embora determinadas dinâmicas de tema, como: difusão de conhecimento, impactos econômicos e inovação apresentem padrões recorrentes em diferentes contextos regionais, o caso de microrregiões apresenta especificidades associadas aos SRIs, o que reforça a contribuição desta análise. De acordo com Bastos et al. (2020), muitos estudos empíricos foram e estão sendo feitos sobre os SRIs de países desenvolvidos, especialmente os EUA e os países europeus. Contudo, trabalhos e pesquisas sobre os países em desenvolvimento, como o Brasil, ainda são escassos.

Nesse sentido, o sistema regional de inovação brasileiro pode ser classificado como institucionalmente frágil, por possuir baixa interação entre os agentes e baixa densidade organizacional. Diante desse cenário, se o objetivo é alcançar o nível tecnológico dos países desenvolvidos, pesquisas sobre os SRIs brasileiros podem ajudar a direcionar as políticas públicas a serem adotadas Bastos et al. (2020).

Furtado et al. (2022), ao verificarem a precariedade dos indicadores brasileiros de ciência, tecnologia e inovação (CT&I), principalmente no recorte estadual, elaboraram um indicador composto a partir de quatro pilares: condições estruturais, dispêndios em CT&I, atividades inovativas e impactos das atividades inovativas. A partir dos resultados obtidos pelos autores, foi identificada heterogeneidade entre as regiões, o que já era esperado pelo alto nível de desigualdade socioeconômica presente no Brasil.

Caliari e Santos (2012) também apontaram um elevado grau de concentração da

atividade inovativa regional e seus componentes. A partir de variáveis ligadas à estrutura de apoio à inovação e aos possíveis determinantes externos de um SRI, os autores examinaram as 50 maiores microrregiões do país por intermédio da metodologia de análise de *clusters*. Algumas dessas variáveis foram: qualificação da população, grau de ocupação em atividades tecnológicas, número de doutores, salário médio, densidade do emprego, PIB *per capita*, entre outras. Os resultados identificaram quatro *clusters* regionais importantes nacionalmente, sendo que apenas a microrregião de São Paulo se destacava no primeiro cluster.

Tal resultado e a importância reforçada para a microrregião paulista indicam que o alto nível de concentração da atividade inovativa na região é apoiado por investimentos em educação e qualificação da força de trabalho local. Deste modo, os incentivos mencionados elevam a taxa de inovação das firmas dos setores industriais já estabelecidos nas estruturas produtivas locais, como a microrregião paulista (Montenegro et al., 2011).

Na análise de Mendes e Santos (2018), verificou-se visível desigualdade na distribuição territorial da atividade tecnológica no Brasil, tal qual na distribuição de renda. Entretanto, entre os anos de 2000 e 2010 houve um avanço no sentido de minimizar esse desequilíbrio, uma vez que o número de microrregiões com registros de patentes, docentes de pós-graduação e artigos publicados aumentou. Ademais, a pesquisa também confirmou a relevância da proximidade geográfica entre as firmas e os agentes do sistema de inovação para o desenvolvimento regional. Observou-se uma relação positiva entre a presença de agentes do sistema na microrregião e o desempenho industrial, bem como entre a atividade industrial do entorno e o desempenho da microrregião.

Em síntese, os resultados revelam a heterogeneidade existente entre as microrregiões mineiras no que se refere às dimensões de ciência, tecnologia e inovação, permitindo a identificação de quatro perfis distintos: regiões criadoras de conhecimento, regiões urbanas demandantes, regiões rurais com potencial para desenvolvimento e regiões subdesenvolvidas industrialmente. Essa classificação evidencia as diferentes capacidades inovativas do território, ressaltando tanto os avanços já consolidados em determinadas microrregiões quanto os desafios persistentes em outras. Ao destacar essas especificidades, a análise contribui para a compreensão dos sistemas regionais de inovação em contextos de desigualdade, reforçando a importância de políticas públicas diferenciadas e ajustadas às realidades locais.

6. Considerações finais

Tendo em vista a importância de se entenderem as características dos agentes locais de um sistema de inovação em prol do desenvolvimento socioeconômico de uma região, o presente trabalho teve como objetivo dimensionar o sistema regional de inovação de Minas Gerais. Para tanto, realizou-se uma análise de componentes principais

a fim de elaborar uma tipologia conforme Muller et al. (2008).

A partir da análise supracitada, foi possível classificar as 66 microrregiões mineiras em quatro grupos, formando-se, então, o perfil inovativo do estado. Uma vez que apenas 8 microrregiões fazem parte do primeiro grupo – caracterizado por variáveis como pesquisa e desenvolvimento, patentes, número de matrículas e população ocupada em indústrias de alta e média-alta tecnologia, o cenário de inovação mineiro se mostra desigual e com má distribuição de recursos, assim como o cenário nacional. Tal conclusão corrobora pesquisas desenvolvidas por outros autores em diferentes épocas, salientando a criticidade da adoção de métodos que sejam eficazes para impulsionar a inovação nas regiões subdesenvolvidas bem como para direcionar os recursos, a fim de equilibrar o desenvolvimento em todo o estado.

Além do primeiro grupo caracterizado por sua aptidão para gerar conhecimento e, portanto, denominado “regiões criadoras de conhecimento”, o sistema regional de inovação de Minas Gerais também possui o grupo “regiões urbanas demandantes”, definido por sua forte estrutura urbana que contribui significativamente para o fluxo de informações essencial no processo inovativo. Contudo, esse grupo pode aprimorar as dimensões de criação e absorção de conhecimento com a aplicação de políticas de incentivo à pesquisa nas empresas e dentro das escolas e das faculdades. Como exemplo, para as empresas, podem ser adotadas políticas de incentivo fiscal para produtos ou serviços inovadores, enquanto para as instituições de ensino podem ser implementados programas de premiação e divulgação de projetos inovadores.

Em terceiro, tem-se o grupo “regiões rurais com potencial para desenvolvimento”, representado por uma alta taxa de população ocupada em agricultura, mas também em serviços de alta e média-alta tecnologia e por um peso considerável no índice de transparência CFA revelando sua capacidade para avançar em inovação. Com esse propósito, o governo deve ampliar o nível de investimento em educação, melhorando a infraestrutura das instituições de ensino para incentivar os alunos a se envolverem em pesquisa a partir do acesso a laboratórios modernos e a um corpo docente qualificado.

Por fim, o último grupo “regiões subdesenvolvidas industrialmente” apresenta peso negativo nas variáveis de investimento em educação e PIB *per capita*, juntamente com indicadores de transparência notáveis e relevantes índices de depósitos de patentes e matrículas em cursos de graduação. Desse modo, pode-se perceber que as microrregiões deste grupo se beneficiariam com o estabelecimento de novas indústrias focadas em progresso científico e tecnológico. Tais empresas gerariam emprego e renda derivados de pesquisa e desenvolvimento impulsionando a inovação na microrregião. Logo, políticas voltadas para atração de empreendimentos industriais devem ser adotadas pelos governos tais como incentivos fiscais, investimentos em infraestrutura (rodovias, telecomunicações, etc.) e em educação.

Em suma, uma das principais conclusões da pesquisa reforça a ideia de que, as microrregiões mineiras quando incentivadas por investimentos em inovação, tecno-

logia e ciência, tornam-se regiões criativas, dinâmicas e inovadoras. Assim como no trabalho de Muller et al. (2008), em que o autor destaca a capacidade inovativa de uma região pela presença de dimensões como: a criação de conhecimento, a capacidade de absorção do novo conhecimento criado, a capacidade de difusão desse conhecimento, a demanda pela utilização dele e articulação entre todos os fatores supracitados envolvidos, reforça-se o papel do Estado para fomentar a capacidade inovadora das microrregiões mineiras. Os resultados também indicam a necessidade de políticas públicas significativas ao sistema regional de inovação em Minas Gerais, como:

- Conciliar e integrar as políticas regionais e as políticas de ciência e tecnologia, com destaque para os setores mais relevantes ao desenvolvimento tecnológico de Minas Gerais;
- Viabilizar o aumento do grau de escolaridade populacional como pré-requisito para aumentar a taxa de inovação regional. Como observado nos resultados, as microrregiões consideradas mais inovadoras possuem elevado grau de dinamismo pela presença de universidades e institutos federais, indicando também que novas ideias podem ser direcionadas aos setores produtivos, gerando inovações.

O caso de Minas Gerais oferece lições que podem servir para outros contextos devido à sua heterogeneidade econômica e social. O estado reúne microrregiões com elevado dinamismo urbano e industrial, ao lado de áreas rurais com baixo desempenho inovativo, refletindo desigualdades estruturais semelhantes às encontradas em outras partes do Brasil. Essa diversidade torna Minas Gerais um espaço privilegiado para observar como diferentes combinações de capacidades de conhecimento, absorção, difusão, demanda e governança influenciam o desempenho inovativo regional. Dessa forma, as evidências aqui apresentadas podem contribuir para orientar políticas de inovação em territórios que enfrentam desafios semelhantes de assimetria regional e de necessidade de fortalecimento da base educacional, produtiva e institucional.

Sendo assim, o trabalho foi capaz de cumprir o proposto, dimensionando o sistema regional de inovação mineiro e identificando a existência de desigualdade entre as microrregiões do estado. Entretanto, a pesquisa foi limitada pela escassez de dados disponíveis para o recorte microrregional. Nesse sentido, informações como dispêndio em P&D das firmas e dos municípios/microrregiões e publicações científicas, por exemplo, ampliariam o escopo da análise, aumentando sua qualidade. Portanto, pesquisas voltadas para o tema devem continuar se expandindo, já que o contexto brasileiro de inovação ainda possui lacunas para serem exploradas. A fim de gerar análises mais robustas, sugere-se a elaboração de estudos econometrícios para os sistemas regionais brasileiros, utilizando dados recentes que apontem onde os sistemas brasileiros estão alcançando êxito e onde ainda precisam melhorar.

Referências

- Andrade, H. O. e Rapini, M. S. (2019). O estado fomentando a inovação: o papel do bdmg e suas iniciativas de capital de risco. Texto para Discussão 601, Textos Para Discussão CEDEPLAR/UFMG.
- Avellar, A. P. M., Castro, A. B., e Martins, H. E. P. (2008). Caminhos da inovação em minas gerais: uma análise de indicadores de ciência e tecnologia (c&t). In: *Anais do XIII Seminário sobre a Economia Mineira*, Diamantina, MG.
- Bastos, L. S., Serra, M. A., Mascarini, S., Macedo, R., e Garcia, R. C. (2020). Sistemas regionais de inovação: fundamentos conceituais, aplicações empíricas, agenda de pesquisa e implicações políticas. Texto para Discussão 394, Textos Para Discursão IE/UNICAMP.
- Bastos, L. S., Serra, M. A., Mascarini, S., Macedo, R., e Garcia, R. C. (2022). Revisando os sistemas regionais de inovação: teoria, prática, políticas e agenda para o brasil. *Nova Economia*, 32(3):617–645.
- Bastos, V. D. (2003). Fundos públicos para ciência e tecnologia. *Revista Do BNDES*, 10(20):229–260.
- Calari, T. e Santos, U. P. (2012). Distribuição espacial das estruturas de apoio às atividades tecnológicas no brasil: uma análise multivariada para as cinquenta maiores microrregiões do país. *EconomiA*, 13(3b):759–783.
- Carvalho, F. M. A., Casali, G. F. R., e Silva, O. M. (2010). Sistema regional de inovação: estudo das regiões brasileiras. *Revista de Economia Contemporânea*, 14(3):515–550.
- Chiarini, T., Vieira, K. P., e Zorzin, P. L. G. (2012). Universidades federais mineiras: análise da produção de pesquisa científica e conhecimento no contexto do sistema mineiro de inovação. *Nova Economia*, 22(2):307–332.
- Cooke, P. (1992). Regional innovation systems: competitive regulation in the new europe. *Geoforum*, 23(3):365–382.
- Cóser, I., Gonçalves, E., e Reis, L. P. (2012). Políticas públicas para inovação: os casos do programa primeira empresa inovadora (prime) e programa de incentivo à inovação (pii) de minas gerais. *Rev. Ciênc. Admin.*, 18(2):579–611.
- Dilascio, M. B., Diniz, D. M., Mendonça, F. M., Rezende, V. A., e Martins, C. M. F. (2021). Análise das políticas públicas voltadas para ciência, tecnologia e inovação no brasil e em minas gerais. *Navus - Revista de Gestão E Tecnologia*, 11:01–12.
- Dosi, G. (1988). The nature of innovative process. In: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., e Soete, L., editores, *Technical Change and Economic Theory*, Página 221–238. Pinter Publishers, Londres, Inglaterra.

- Etzkowitz, H. (2002). The triple helix of university-industry-government: implications for policy and evaluation. Texto para Discussão Working Paper n. 2002-11, Swedish Institute for Studies in Education and Research (SISTER), Estocolmo, Suécia.
- Favero, L. P. e Belfiore, P. (2017). Análise fatorial por componentes principais. In: Favero, L. P. e Belfiore, P., editores, *Manual de análise de dados: Estatística e modelagem multivariada com Excel, SPSS e Stata*, Página 379–429. Elsevier, Rio de Janeiro, RJ.
- Ferreira, M. A. T. (2004). Indicadores de ciência, tecnologia e inovação: mensuração dos sistemas de ct&i nos estados brasileiros. *Ciência Da Informação*, 33(3):61–68.
- Freeman, C. e Soete, L. (2008a). Incertezas, avaliação de projetos e inovações. In: *A economia da inovação industrial*, Página 413–454. Editora da UNICAMP, Campinas, SP.
- Freeman, C. e Soete, L. (2008b). Introdução. In: *A economia da inovação industrial*, Página 413–454. Editora da UNICAMP, Campinas, SP.
- Furtado, A., Beneli, D., e Carvalho, S. (2022). Indicador composto estadual de inovação (icei): uma metodologia para avaliação de sistemas regionais de inovação. *Nova Economia*, 32(2):359–395.
- GEOCAPES (2022). Sistema de informações georreferenciadas. <https://geocapes.capes.gov.br/geocapes/>.
- Gonçalves, E. e Sant'ana, M. S. (2014). Importância do financiamento público às atividades de inovação nas empresas de minas gerais. *Revista de História Econômica & Economia Regional Aplicada*, 10(16):3–30.
- Hongyu, K., Sandanielo, V. L. M., e Oliveira, G. J., J. (2016). Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. *E&S Engineering and Science*, 1(5):83–90.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2007). Classificação nacional de atividades econômicas: versão 2.0. <https://cnae.ibge.gov.br/>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2020). *Pesquisa de Inovação Tecnológica 2017*. Autor, Rio de Janeiro, RJ.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2023). *Censo Demográfico 2022: população e domicílios*. Autor, Rio de Janeiro, RJ.
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) (2022). Sinopse estatística da educação superior. <https://www.gov.br/inep/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/sinopses-estatisticas/educacao-superior>.
- Lei n. 17.348, de 17 de janeiro de 2008 (2008). Dispõe sobre o incentivo à inovação tecnológica no estado.

- Manly, B. F. J. (2008). Análise de componentes principais. In: *Métodos estatísticos multivariados: uma introdução*, Página 89–104. Bookman, Porto Alegre, RS, 3 edition.
- Marcellino, I., Avanci, V., e Britto, J. (2013). O sistema regional de inovação fluminense: características, desafios e potencialidades. *Cadernos Do Desenvolvimento Fluminense*, 2.
- Mendes, P. e Santos, U. P. (2018). A localização dos atores do sistema de inovação brasileiro e seus impactos regionais na década de 2000. *EURE*, 44(132):155–183.
- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2023). *Indicadores Nacionais de Ciência Tecnologia e Inovação 2022*. Autor, Brasília, DF.
- Monte, E. Z. (2017). Mercados financeiros internacionais: uma aplicação da análise de componentes principais em dados dependentes. *Revista Brasileira de Finanças*, 15(3):359–402.
- Montenegro, R. L. G. (2017). Relações entre urbanização e meio ambiente: um panorama para os estados brasileiros. *Textos de Economia*, 20(1):72–94.
- Montenegro, R. L. G., Gonçalves, E., e Almeida, E. (2011). Dinâmica espacial e temporal da inovação no estado de São Paulo: uma análise das externalidades de diversificação e especialização. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, 41:743–776.
- Moreira, A. C. (2007). Comparação da análise de componentes principais e da catpca na avaliação da satisfação do passageiro de uma transportadora aérea. *Investigação Operacional*, 27:165–178.
- Muller, E., Doloreux, D., Heraud, J. A., Jappe, A., e Zenker, A. (2008). Regional innovation capacities in new member status: a typology. *European Integration*, 30(5):653–669.
- Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OECD) (2016). Oecd taxonomy of economic activities based on r&d intensity.
- Pearson, K. (1901). Liii. on lines and planes of closest fit to systems of points in space. *The London, Edinburgh, and Dublin philosophical magazine and journal of science*, 2(11):559–572.
- Peneder, M. (2008). The problem of private under-investment in innovation: a policy mind map. *Technovation*, 28(8):518–530.
- Pereira, R. M., Marques, H. R., Garcia, M., e Gava, R. (2018). 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.

- Petrella, G. (2001). Sistemi finanziari e finanziamento delle imprese innovative: profili teorici ed evidenze empiriche dall'europa. *Quaderni ref.*, (4).
- Rapini, M. S. (2013). Padrão de financiamento aos investimentos em inovação no brasil. Textos Para Discussão 497, Cedeplar/UFMG.
- Rapini, M. S., Chaves, C. V., Albuquerque, E. M., Carvalho, S. S. M., Righi, H. M., Oliveira, V. C. P., Silva, L. A., e Cruz, W. M. S. (2008). A interação entre empresas industriais e universidades em minas gerais: investigando uma dimensão estratégica do sistema estadual de inovação. In: *Anais do XXXVI Encontro Nacional de Economia*, Salvador, BA.
- Rapini, M. S. e Righi, H. M. (2006). Evolução da interação entre universidades e empresas em minas gerais: uma análise a partir dos censos de 2002 e 2004 do diretório dos grupos de pesquisa do cnpq. In: *Anais do XII Seminário sobre a Economia Mineira*, Diamantina, MG.
- Rapini, M. S., Schultz, S., e Silva, L. (2010). Instrumentos financeiros de apoio à inovação: como é a participação das empresas mineiras. In: *Anais do XIV Seminário sobre a Economia Mineira*, Diamantina, MG.
- Rolim, C. (2003). É possível a existência de sistemas regionais de inovação em países subdesenvolvidos? *Economia*, 28-29(26-27):275–300.
- Santos, U. P. (2008). Uma classificação dos municípios de minas gerais segundo o grau de avanço de seus sistemas de inovação. *Revista de Desenvolvimento Econômico*, 10(18):144–155.
- Schumpeter, J. (1961). O processo da destruição criadora. In: *Capitalismo, socialismo e democracia*. Fundo de Cultura, Rio de Janeiro, RJ.
- Schumpeter, J. (1997). O fenômeno fundamental do desenvolvimento econômico. In: *Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e ciclo econômico*, Página 69–99. Nova Cultural, São Paulo, SP.
- Souza, N. J. (2005). Teoria dos pólos, regiões inteligentes e sistemas regionais de inovação. *Análise – Revista de Administração da PUCRS*, 16(1):87–112.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Cnpq.

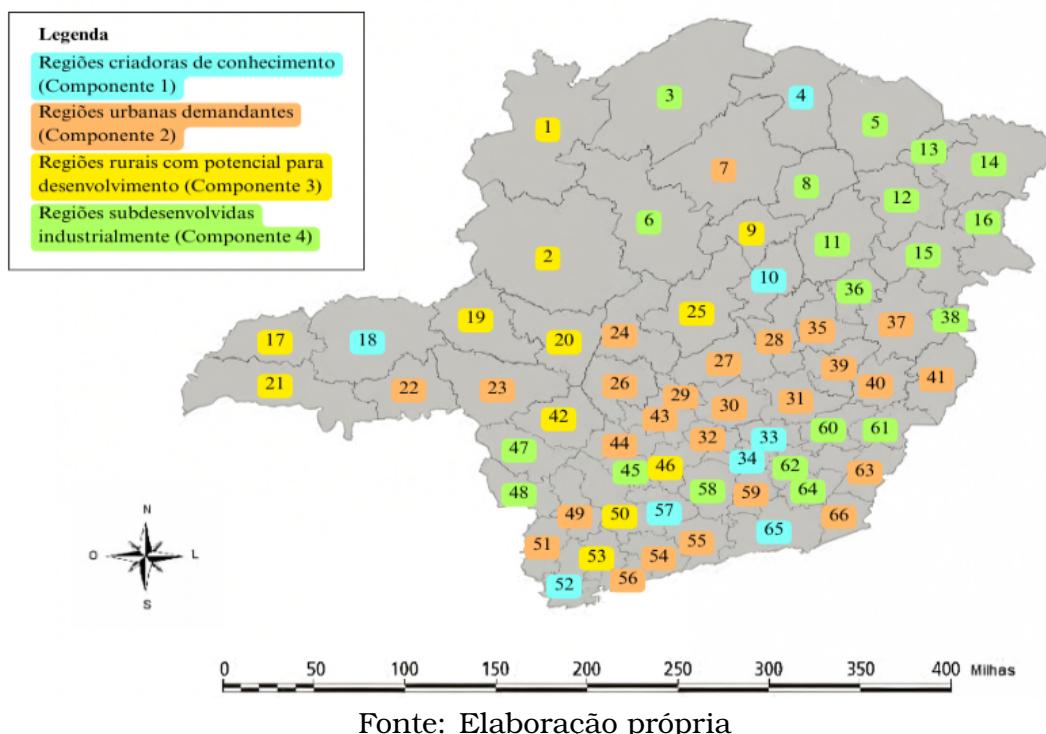
Anexos

Anexo 1: Resultados da ACP para cada microrregião

Código	Microrregião	Componentes			
		1	2	3	4
1	Unaí	1,409	-2,291	1,564	-1,204
2	Paracatu	0,712	-1,612	1,925	-0,788
3	Januária	-1,687	-1,314	-0,387	0,374
4	Janaúba	-0,614	-2,503	-0,756	-1,040
5	Salinás	-2,037	-0,554	-1,008	-0,460
6	Pirapora	-1,172	-1,935	-0,242	-0,675
7	Montes Claros	-1,242	0,075	-1,139	-0,313
8	Grão Mogol	-2,393	-1,918	-0,727	0,043
9	Bocaiúva	-1,466	-2,399	-0,608	-0,669
10	Diamantina	0,108	-0,851	-0,203	-0,314
11	Capelinha	-1,187	-2,403	-0,759	0,466
12	Araçuaí	-1,851	-2,276	-0,249	0,787
13	Pedra Azul	-1,796	-2,673	-0,487	0,263
14	Almenara	-1,868	-1,926	-0,335	0,880
15	Teófilo Otoni	-1,498	-0,713	-1,620	-0,707
16	Nanuque	-2,031	-0,941	-0,786	0,127
17	Ituiutaba	-0,045	0,238	0,511	-1,487
18	Uberlândia	11,849	-2,427	-1,143	-0,718
19	Patrocínio	-0,485	-0,510	0,620	-0,272
20	Patos de Minas	1,993	-0,036	2,326	0,021
21	Frutal	-0,468	0,120	0,968	-1,781
22	Uberaba	0,346	3,451	-0,216	-1,976
23	Araxá	0,378	1,847	1,482	-1,983
24	Três Marias	-0,529	1,600	0,218	-1,225
25	Curvelo	1,309	-2,467	1,855	-0,863
26	Bom Despacho	-0,542	1,900	1,169	1,230
27	Sete Lagoas	-0,172	0,404	-0,901	-0,023
28	Conceição do Mato Dentro	-1,234	0,813	-0,072	-1,092
29	Pará de Minas	0,040	1,119	-0,267	0,472
30	Belo Horizonte	2,507	5,916	-3,291	1,778
31	Itabira	0,461	2,255	0,624	-1,066
32	Itaguara	0,342	3,127	0,798	-2,250
33	Ouro Preto	7,694	-0,488	-2,732	-1,173
34	Conselheiro Lafaiete	1,489	-0,780	0,230	0,826
35	Guanhães	-1,995	0,621	-0,854	-0,217
36	Peçanha	-2,070	-1,390	-0,404	0,006
37	Governador Valadares	-1,216	-0,083	-0,819	-0,220
38	Mantena	-1,920	-0,984	-0,548	0,196
39	Ipatinga	0,366	1,108	-0,268	0,201
40	Caratinga	-2,098	-0,285	-1,340	-0,594
41	Aimorés	-1,044	0,933	0,398	-0,127
42	Piúí	1,147	0,091	2,127	-2,021
43	Divinópolis	0,348	2,312	1,164	1,443
44	Formiga	-0,379	2,031	0,234	1,449
45	Campo Belo	-0,052	-1,656	0,444	1,898
46	Oliveira	-0,646	-0,236	1,639	1,131
47	Passos	0,153	-0,464	1,211	1,302
48	São Sebastião do Paraíso	0,285	0,821	1,988	2,034
49	Alfenas	-0,571	2,138	0,230	1,487
50	Varginha	1,435	-0,274	2,871	2,712
51	Poços de Caldas	-0,947	1,206	-0,145	-0,077
52	Pousos Alegre	2,936	1,288	2,601	-1,011
53	Santa Rita do Sapucaí	-0,712	0,999	1,134	0,115
54	São Lourenço	-0,598	-0,131	-0,330	-0,476
55	Andrelândia	-1,469	0,400	0,074	0,164
56	Itajubá	-1,121	2,726	-1,254	-0,157
57	Lavras	6,241	-1,727	-0,817	2,442
58	São João Del Rei	1,315	0,671	0,104	2,520
59	Barbacena	-0,641	0,522	-0,378	0,185
60	Ponte Nova	-1,480	-0,696	-0,384	-0,044
61	Manhuaçu	-1,211	-0,095	-1,119	-0,059
62	Viçosa	-1,436	-0,319	-0,765	1,167
63	Muriaé	-1,297	0,396	-0,780	-0,494
64	Ubá	-0,782	-0,206	-0,794	0,295
65	Juiz de Fora	3,748	0,006	-1,134	-0,308
66	Cataguases	-0,609	0,430	-0,451	-0,132

Fonte: Elaboração própria

Anexo 2: Classificação das microrregiões pela tipologia



Legenda:

- | | | |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 - Una | 23 - Araxá | 45 - Campo Belo |
| 2 - Paracatu | 24 - Três Marias | 46 - Oliveira |
| 3 - Januária | 25 - Curvelo | 47 - Passos |
| 4 - Janaúba | 26 - Bom Despacho | 48 - São Sebastião do Paraíso |
| 5 - Salinas | 27 - Sete Lagoas | 49 - Alfenas |
| 6 - Pirapora | 28 - Conceição do Mato Dentro | 50 - Varginha |
| 7 - Montes Claros | 29 - Pará de Minas | 51 - Poços de Caldas |
| 8 - Grão Mogol | 30 - Belo Horizonte | 52 - Pouso Alegre |
| 9 - Bocaiúva | 31 - Itabira | 53 - Santa Rita do Sapucaí |
| 10 - Diamantina | 32 - Itaguara | 54 - São Lourenço |
| 11 - Capelinha | 33 - Ouro Preto | 55 - Andrelândia |
| 12 - Araçuaí | 34 - Conselheiro Lafaiete | 56 - Itajubá |
| 13 - Pedra Azul | 35 - Guanhães | 57 - Lavras |
| 14 - Almenara | 36 - Peçanha | 58 - São João Del Rei |
| 15 - Teófilo Otoni | 37 - Governador Valadares | 59 - Barbacena |
| 16 - Nanuque | 38 - Mantena | 60 - Ponte Nova |
| 17 - Ituiutaba | 39 - Ipatinga | 61 - Manhuaçu |
| 18 - Uberlândia | 40 - Caratinga | 62 - Viçosa |
| 19 - Patrocínio | 41 - Aimorés | 63 - Muriaé |
| 20 - Patos de Minas | 42 - Piúma | 64 - Ubá |
| 21 - Frutal | 43 - Divinópolis | 65 - Juiz de Fora |
| 22 - Uberaba | 44 - Formiga | 66 - Cataguases |