

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

ENGENHARIA DE TRANSPORTES

Camila Silva Coelho

**A MUDANÇA DO USO DO SOLO POR MEIO DO CONCEITO AEROTROPOLIS: O
CASO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BELO HORIZONTE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Belo Horizonte – MG

2022

CAMILA SILVA COELHO

**A MUDANÇA DO USO DO SOLO POR MEIO DO CONCEITO AEROTROPOLIS: O
CASO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BELO HORIZONTE**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Graduação em Engenharia de Transportes do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Prof^a Dr^a Anna Carolina Corrêa Pereira

Coorientador: Gabriel Pini Mormilho

AGRADECIMENTOS

É chegada a hora de finalizar um ciclo e eu gostaria de expressar minha gratidão por tudo e todos que fizeram parte, de alguma forma, durante o desenvolvimento desse trabalho:

Para começar, ao Universo que com a sua temperança nunca me deixou esquecer que as coisas acontecem no tempo certo e que o segredo de qualquer caminhada está na contemplação do caminho e das pessoas que chegam e se vão em meio a tudo isso.

Sou igualmente grata à minha orientadora Anna, que desde o meu primeiro dia de graduação me abriu as portas da pesquisa de aeroportos. Obrigada pela oportunidade, incentivo, apoio e amizade, inclusive por me lembrar da relevância dos períodos de descanso.

Agradeço ao Gabriel que, além de colega de trabalho, aceitou o desafio de me coorientar em um prazo tão curto, com contribuições tão prósperas, além do suporte metodológico e das discussões.

À minha banca examinadora, composta pela Prof^a. Msc. Tainá Pôssas e pelo Prof. Dr. Guilherme Leiva, por aceitarem participar dessa ocasião.

Ao casal mais instruído da língua portuguesa, Laura e Matheus, pelas revisões textuais e gramaticais. Ao Pedro Chiachio por toda ajuda na ferramenta de análise de dados e nos *bugs* que os arquivos kml apresentaram. Ao meu amigo Adilson por todas as horas dedicadas a me ajudar a chegar em conclusões mais positivas acerca do trabalho.

À SYSTRA, onde me tornei engenheira e fui apresentada às variáveis socioeconômicas. Aos colegas e gestores que me apoiaram durante o andamento.

Aos meus amigos por compreenderem o período de ausência, se fazendo presentes da mesma forma, inclusive quando eu só fazia reclamar que o tempo não seria suficiente.

Aos meus pais por todo apoio e confiança depositada em mim.

*“Porque o cara que vem da elite é condicionado a um sentimento de superioridade; Falso,
mas ele é condicionado fortemente a isso
Ele acha porque ele tem uma universidade ele é superior a um cara que não tem
universidade
Se eu tive acesso à universidade, eu tive acesso a conhecimentos que são negados a
maioria, eu tenho uma dívida com essa maioria, e não um sentimento de superioridade com
relação a essa maioria, porque eles foram impedidos, eles foram sabotados
Existe uma estrutura social que nega à maioria acesso a conhecimento
Por que?
Porque é preciso manter a maioria na ignorância!”*

Eduardo Marinho

COELHO, Camila Silva. **A mudança do uso do solo por meio do conceito *aerotropolis*: o caso do Aeroporto Internacional de Belo Horizonte**. 2022. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Transportes. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2022.

RESUMO

Com a intensificação das relações globais, os aeroportos passaram a desempenhar funções estratégicas para o desenvolvimento regional, o que resulta em novas formas de planejamento urbano orientado pelo aeroporto, entre as quais a *aerotropolis*. O conceito *aerotropolis* é definido como uma sub-região metropolitana cuja infraestrutura, uso do solo e economia estão centrados no aeroporto. Em Minas Gerais, o Governo do Estado elaborou o projeto Aerotrópole Mineira em que busca impulsionar o crescimento econômico e a ocupação do Vetor Norte, onde se encontra o Aeroporto Internacional de Belo Horizonte, centro dessa *aerotropolis*. Apesar das notórias alterações no Vetor Norte e no aeroporto, há poucos estudos que evidenciam as mudanças no uso do solo do aeroporto indicando a formação da *aerotropolis*. Esta monografia busca avaliar o conceito de *aerotropolis* por meio da análise do desenvolvimento do lado terra do Aeroporto Internacional de Belo Horizonte, comparando-se dois momentos, 2009 e 2019. Para alcançar o objetivo, foram propostas três etapas: (i) Identificar os padrões de uso do solo ao redor do aeroporto e avaliar se esses padrões mudaram ao longo tempo; (ii) Avaliar se a formação da *aerotropolis* depende das características socioeconômicas das cidades no seu entorno e; (iii) Comparar as relações entre uso do solo e a produtividade dos aeroportos e verificar se a formação da *aerotropolis* aumenta a produtividade do aeroporto. A metodologia deste trabalho inclui revisão bibliográfica, levantamento e análise de dados em série histórica (i.e. PIB e movimentação de passageiro) e validação por meio de modelos de regressão. Os resultados alcançados contribuem para observar as mudanças que ocorrem no uso do solo e a relação entre o uso do solo e as variáveis contextuais do aeroporto, bem como base para pesquisas futuras.

Palavras-chave: Aerotropolis; Uso do solo; Desenvolvimento Regional

COELHO, Camila Silva. **Land use change through the aerotropolis concept: the case of Belo Horizonte International Airport**. 2022. 80 f. Undergraduate Final Report. Transportation Engineering. Federal Center for Technological Education of Minas Gerais (CEFET-MG), 2022.

ABSTRACT

The intensification of global relations influences airports to play new strategic roles in regional development, resulting in new forms of airport-driven urban planning, e.g. aerotropolis. The aerotropolis concept is defined as a metropolitan sub-region whose infrastructure, land use and economy are centered on the airport. In Minas Gerais, the State Government prepared the Aerotropolis Mineira project, which seeks to boost economic growth and occupation of the Northern Vector, where the Belo Horizonte International Airport is located, the center of this aerotropolis. Despite the notorious changes in the Vetor Norte and the airport, there are few studies that show changes in the airport's land use, indicating the formation of the aerotropolis. This monograph seeks to evaluate the concept of aerotropolis by analyzing the development of the landside of Belo Horizonte International Airport, comparing two moments, 2009 and 2019. To achieve the objective, three steps were proposed: (i) Identify land use patterns around the airport and assess whether these patterns have changed over time; (ii) Assess whether the formation of aerotropolis depends on the socioeconomic characteristics of the surrounding cities and; (iii) Compare the relationships between land use and airport productivity and verify whether the formation of aerotropolis increases airport productivity. The methodology of this work includes literature review, survey and analysis of historical series data (i.e. GDP and passenger movement) and regression models proposed by Kamruzzaman *et al.* (2021). The results achieved contribute to observe the changes that occur in land use and the relationship between land use and airport contextual variables, as well as basis for future research.

Keywords: Aerotropolis; Land Use; Regional Development

LISTA DE SIGLAS

- AIM. Áreas de Interesse Metropolitano
- AITN. Aeroporto Internacional Tancredo Neves
- ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil
- ARMBH. Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte
- BH. Belo Horizonte
- BRL. Real, sigla de três letras definido ISO 4217 para moedas correntes
- CBD. *Central Business District*
- CNF. Aeroporto de Confins, pelo código IATA
- GDP. *Gross Domestic Product*
- HOTRAN. Horário de Transporte Aéreo
- IATA. *International Air Transport Association*
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ICAO. *International Civil Aviation Organization*
- INFRAERO. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
- PDDI. Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado
- PIB. Produto Interno Bruto
- PNT. Política Nacional de Transportes
- RMBH. Região Metropolitana de Belo Horizonte
- SEDE. Secretaria de Desenvolvimento Econômico
- SEDRU. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Política Urbana
- SIDRA. Sistema IBGE de Recuperação Automática
- UCT. Unidade de Carga de Trabalho
- USD. Dólar americano, sigla de três letras definido ISO 4217 para moedas correntes
- WLU. *Work Load Unit*
- ZIM. Zonas de Interesse Metropolitano

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Anéis de Von Thünen	9
Figura 2 - Triângulo locacional de Weber	9
Figura 3 - Hexágonos de Christaller	10
Figura 4 - O cone de Lösch.....	11
Figura 5 - O aeroporto como elemento central no desenvolvimento	13
Figura 6 - Conceito de desenvolvimento urbano centrado no aeroporto.....	15
Figura 7 - Esquema da aerotropolis	17
Figura 8 - Esquema da apresentação de dados de movimentação de passageiros disponibilizados pela INFRAERO	24
Figura 9 - Esquema da metodologia utilizada.....	26
Figura 10 - Região Metropolitana e Colar Metropolitano de Belo Horizonte	33
Figura 11 - Vetores de expansão	36
Figura 12 - Área de estudo baseada nos municípios influenciados pelo raio da Aerotrópole do AITN e Rodoanel	38
Figura 13 - Dez maiores percentuais de movimentação de passageiros no cenário nacional em 2009 e 2019.....	39
Figura 14 – Dez maiores percentuais de movimentação de cargas no cenário nacional em 2009	40
Figura 16 - Área no entorno do Aeroporto de Confins em 2009.....	41
Figura 17 - Área no entorno do Aeroporto de Confins em 2019.....	42
Figura 18 - Área de interesse para o estudo para os anos de 2009 e 2019	42
Figura 19 - Uso do solo estimado para 2009 e 2019	43
Figura 20 - Uso do solo estimado para 2009 e 2019, destacando as áreas destinadas à mineração .	44
Figura 21 – Comparação síntese dos percentuais obtidos da metodologia e de CNF para o uso do solo	47
Figura 22 – Taxas de crescimento populacional em relação a 2009.....	48
Figura 23 - Taxas de crescimento do PIB a preços corrente em relação à 2009.....	49
Figura 24 - Movimentação de passageiros com embarque ou desembarque em SBCF	53
Figura 25 - Movimentação de cargas com origem ou destino em SBCF	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipologia do uso do solo para a área de interesse	45
Tabela 2 – Composição do <i>cluster Island airports</i> dos aeroportos de referência.....	45
Tabela 3 – Dados socioeconômicos para 2009 e 2019 da área de influência da <i>aerotropolis</i>	50
Tabela 4 – Média das variáveis contextuais para a tipologia <i>Island Airports</i>	51
Tabela 5 – Resultados para os modelos multivariados	51
Tabela 6 – Dados das variáveis de produtividade e UCT para o SNCF.....	54
Tabela 7 - Dados das variáveis de produtividade e UCT para a tipologia <i>Island Airports</i>	54
Tabela 8 - Efeitos do processo de formação da <i>aerotropolis</i> sobre a produtividade do aeroporto	55

SUMÁRIO

1	Introdução	1
2	Revisão da literatura	5
2.1	Dinâmica da economia urbana	5
2.2	Uso do solo, transportes e desenvolvimento	6
2.3	Fundamentos do Desenvolvimento Regional	7
2.4	O aeroporto enquanto elemento do Desenvolvimento Regional no Brasil	12
2.5	A mudança do papel dos aeroportos	14
3	Metodologia	19
3.1	A pesquisa científica	19
3.2	Descrição dos dados	19
3.2.1	Uso do solo - Etapas para caracterização	20
3.2.2	Municípios - Dados socioeconômicos	21
3.2.3	Aeroporto - Produtividade (unidade de carga de trabalho – UCT)	23
3.3	Descrição dos métodos	25
3.3.1	Uso do solo	27
3.3.2	Variáveis socioeconômicas	27
3.3.3	Variáveis de produtividade	30
4	A Região Metropolitana de Belo Horizonte	32
4.1	Os Municípios da RMBH e do Colar Metropolitano	32
4.1.1	Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado - PDDI	34
4.1.2	Macrozoneamento	35
4.1.3	Projeto Aeroporto Industrial	37
4.1.4	Projeto Aerótrópole Mineira	37
4.2	O Aeroporto Internacional de Belo Horizonte	38
5	Resultados e discussão	41
5.1	Tipologia do uso do solo	41
5.2	Identificando os fatores que contribuem para a formação de aerótrópoles	47
5.2.1	Características contextuais	49
5.3	Os efeitos do processo de formação de aerótrópoles na produtividade dos aeroportos	52
6	Considerações finais	56
	REFERÊNCIAS	59
	APÊNDICE	66

1 INTRODUÇÃO

O papel dos aeroportos mudou com o avanço da globalização. Os aeroportos que antes eram inseridos em locais distantes dos centros urbanos hoje desenvolvem papéis importantes no desenvolvimento regional. É nesse contexto que novas formas de planejamento espacial de desenvolvimento urbano orientado por aeroportos aparecem, entre eles o *airfront*, *decoplex*, *airport corridor*, *airport city* e *aerotropolis*.

O *airfront* (BLANTON, 2004) se caracteriza por uma multiplicidade de serviços comerciais, industriais e de transporte intrinsecamente ligados ao aeroporto. O *decoplex* (CONWAY, 1980) é a forma sintética para ‘*development-ecology complex*’ e é um modelo de comunidades aeroportuárias para servir um propósito particular como o lazer ou a indústria. O *airport-corridor* (SCHAAFSMA, 2010) fortalece a ligação entre o aeroporto e o distrito mais desenvolvido por meio de uma infraestrutura rodoviária e/ou ferroviária e desenvolvimento imobiliário.

Os termos *airport city* e *aerotropolis* são usados de forma imprecisa na literatura, muitas vezes assumindo um caráter de similaridade. O *airport city* é definido como o desenvolvimento do aeroporto para além dos terminais, isto é, o desenvolvimento do lado ar¹ e do lado terra² com atividades operacionais relacionadas ao aeroporto, bem como, atividades comerciais e empresariais no aeroporto e no entorno dele (GÜLLER e GÜLLER, 2003). O *airport city* é, em essência, a estratégia de Desenvolvimento Orientado ao Transporte e que pode ser reescrito como a cidade centrada no aeroporto (BAKER e MAHMOOD, 2012). A *aerotropolis* apresenta o *airport city* no epicentro de uma metrópole mais ampla de negócios e indústrias voltadas para a aviação, ou seja, trata-se da metropolização do *airport city* que é atendida por uma complexa rede de transportes que comporta vias rodoviárias exclusivas e ligações ferroviárias de alta velocidade e zonas comerciais, parques industriais e logísticos, complexos de varejos e hotéis (FREESTONE e BAKER, 2011).

¹ Lado ar segundo o Inciso XCV do Artigo 4 do PNAVSEC (BRASIL, 2010) trata-se da área de movimento do aeroporto, terrenos adjacentes e edificações, ou parte delas, cujo acesso é controlado.

² Lado terra segundo Inciso XCVI do Artigo 4 do PNAVSEC (BRASIL, 2010) significa a área do aeródromo de uso público, cujo acesso não é controlado.

Em Minas Gerais, o Aeroporto Internacional de Belo Horizonte/Confins - Tancredo Neves (IATA³: CNF, ICAO⁴: SBCF), é considerado como um propulsor para conectar a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) a outras localidades no Brasil e a outros países, por meio do projeto da Aerotrópole Mineira, proposto pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico (SEDE) de Minas Gerais. Este projeto é fundamentado sob a premissa de que o crescimento econômico no Século XXI é impulsionado pela mobilidade de negócios de base tecnológica. Além disso, a implementação do Aeroporto Industrial, também proposto pela SEDE e trata-se de um projeto que prevê benefícios fiscais a empresas exportadoras que estiverem instaladas dentro do sítio aeroportuário, realizado pela concessionária do Aeroporto Internacional de Belo Horizonte, é uma etapa da formação da *aerotropolis* e pretende fomentar o desenvolvimento da RMBH por meio da sua participação no mercado externo.

Em 2014, o aeroporto passou da administração pública, gerenciado pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero), para administração público-privada, sendo administrado pela BH-Airport. Com isso, ocorreram investimentos de modernização, ampliação e manutenção dos terminais de carga e de passageiros e do acesso viário com a finalidade de tornar o CNF um dos principais *hubs* do país. Para tanto, houve a ampliação do terminal aeroportuário em 60% (BH-AIRPORT), aumentando a capacidade para atender a projeção de crescimento da demanda, bem como, a expansão do terminal de cargas que busca acompanhar o cenário mundial, no qual há uma tendência de intensificação no uso do transporte aéreo.

Dado os investimentos no vetor norte da RMBH e o projeto da Aerotrópole Mineira, há, no entanto, poucos estudos que mostram os planos e as mudanças ocorridas no aeroporto e no seu entorno que indiquem a atual situação do desenvolvimento da *aerotropolis* no Aeroporto Internacional de Belo Horizonte. Este estudo, portanto, tem como objetivo **avaliar o conceito de *aerotropolis* por meio da análise do desenvolvimento no entorno do Aeroporto Internacional de Belo Horizonte,**

³ O código aeroportuário IATA (*International Air Transport Association*) é uma sigla de três letras utilizada para denominar os aeroportos em todo o mundo.

⁴ O código aeroportuário ICAO (*International Civil Aviation Organization*) é um código composto por quatro letras que designa aeroportos em todo o mundo, contando com 180 países membros.

comparando-se dois momentos, 2009 e 2019, cinco anos antes e cinco anos depois da concessão. Para isso, foi analisado o uso do solo do entorno do aeroporto e dos municípios posicionados dentro de sua área de influência, em conjunto com dados de produtividade do aeroporto (i.e., movimentação de passageiros) e socioeconômicos de tais municípios.

Para alcançar o objetivo, o presente estudo baseou-se na metodologia desenvolvida por Kamruzzaman *et al.* (2021), que desenvolveu um estudo empírico, envolvendo 75 aeroportos, para avaliar o conceito de *aerotropolis* a partir da análise do lado terra ao longo do tempo. Nessa metodologia são avaliados os padrões de uso do solo de regiões localizadas na América do Norte, Europa e Ásia/Austrália, tal qual, dados de desenvolvimento, produtividade e contexto do aeroporto, obtidos a partir de imagens de satélite, e dados secundários, para identificar a influência do padrão do uso do solo e suas modificações na produtividade do aeroporto. O texto ressalta que aeroportos da América do Sul e África foram omitidos do estudo devido à insuficiência de dados. Ainda que os autores não tenham estudado nenhum aeroporto da América do Sul devido à ausência de dados, o presente trabalho utiliza de informações socioeconômicas e de produtividade, em conjunto com os resultados encontrados na metodologia mencionada, para avaliar o Aeroporto Internacional de Belo Horizonte, com os objetivos específicos de:

- i. Identificar os padrões de uso do solo ao redor do aeroporto e avaliar se esses padrões mudam ao longo tempo,
- ii. Avaliar se a formação da *aerotropolis* depende das características socioeconômicas das cidades no seu entorno, por meio do modelo proposto por Kamruzzaman *et al.* (2021), e
- iii. Comparar as relações entre uso do solo e a produtividade dos aeroportos e verificar se a formação da *aerotropolis* aumenta a produtividade do aeroporto.

Este trabalho é dividido em 6 capítulos:

- **Capítulo 1:** Introdução. Apresenta as formas de planejamento urbano orientado ao aeroporto contextualizando o projeto da Aerotrópole Mineira, bem como outros elementos, como o objetivo geral e os objetivos específicos, a metodologia e a estrutura do trabalho.

- **Capítulo 2:** Revisão da literatura. Apresenta os fundamentos do Desenvolvimento Regional e, também, o aeroporto enquanto elemento do desenvolvimento e os modelos de desenvolvimento orientado pelo aeroporto, com foco nos conceitos de aeroporto industrial e da *aerotropolis*. Além disso, busca-se contextualizar o estudo do uso do solo para explicar o processo de desenvolvimento de uma região.
- **Capítulo 3:** Metodologia. Descreve a natureza dos dados considerados e os métodos utilizados para avaliar os objetivos específicos.
- **Capítulo 4:** Contextualização. Contextualiza o planejamento da RMBH quanto à disposição de seus municípios e aos principais elementos de governo que oportunizam a consolidação do projeto da Aerotrópole Mineira.
- **Capítulo 5:** Resultados. Avalia o desenvolvimento do lado terra no entorno do aeroporto, a partir dos dados coletados.
- **Capítulo 6:** Conclusão. Encerra o trabalho com as considerações finais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura contempla uma pesquisa dividida em cinco tópicos principais, com o intuito de orientar as análises dos capítulos posteriores. Inicia-se a revisão passando pela Seção **2.1**, em que se pretende assimilar a dinâmica da economia urbana do ponto de vista da divisão social do trabalho e o efeito espacial dessa divisão. A Seção **2.2** aborda o conceito de uso e ocupação do solo como indicador de desenvolvimento e qual o impacto do uso e ocupação do solo no setor de transportes e como estes se relacionam com o desenvolvimento de um território. A Seção **2.3** disserta sobre os fundamentos do Desenvolvimento Regional, diferenciando crescimento e desenvolvimento econômico, passando por teóricos da economia clássica e aprofundando sobre as Teorias Clássicas da Localizações e Teorias do Desenvolvimento Regional. Após uma primeira camada de conhecimento sobre desenvolvimento e transportes e desenvolvimento regional, a Seção **2.4** apresenta o aeroporto enquanto o principal elemento propulsor do Desenvolvimento Regional na nova era globalizada e a Seção **2.5** complementa essa discussão ao esclarecer as novas formas de desenvolvimento urbano, centrada no aeroporto. É importante salientar que esse adjetivo “novas” não é relativo à uma novidade e, sim, à uma transformação.

2.1 DINÂMICA DA ECONOMIA URBANA

O capitalismo como modo de produção dominante de uma formação econômico-social, admite a divisão social do trabalho, bem como, a redefinição do significado social e territorial dessa divisão (GOLDENSTEIN e SEABRA, 1982). Para Singer (1977) “o capitalismo surge na cidade, no centro dinâmico de uma economia urbana”. Dessa forma, a cidade assume o comando da organização espacial, ordenando a divisão espacial do trabalho por meio da articulação da rede urbana, na definição do papel do campo e nas condições gerais necessárias à produção capitalista (MENDES, 1990).

Desde Adam Smith, passando por Marx, segundo o qual a primeira a divisão do trabalho importante se dá entre campo e cidade, até Durkheim e Weber, o processo de urbanização coincide com o processo de divisão do trabalho. Para Durkheim (1999), é a partir das relações sociais em que se estabelece o desenvolvimento de

atividades econômicas especializadas, ou seja, por meio da coesão e confiança entre as partes envolvidas, que possuem laços, em um dado território. Weber, por sua vez, avalia a divisão social do trabalho sob a perspectiva religiosa, estabelecendo diferenças entre católicos e protestantes. Assim, há diferenciação no desenvolvimento econômico das nações predominantemente protestantes em relação às predominantemente católicas, uma vez que as primeiras se tornaram potências econômicas. Entende-se, portanto, que dada uma atividade econômica, a especialização de uma região ou território influencia no processo de desenvolvimento.

2.2 USO DO SOLO, TRANSPORTES E DESENVOLVIMENTO

A forma como é dada a distribuição de diferentes usos do solo na cidade influencia o comportamento das atividades humanas, tais como morar, trabalhar, fazer compras, etc. Para Jacobs (2011), embora as cidades sejam geradoras naturais de diversidade e novos empreendimentos, isso não ocorre de forma automática e, sim, devido às combinações dos usos econômicos que a formam. O sistema de transporte, por sua vez, viabiliza as interações ao promover acessibilidade aos locais em que são possíveis diversas atividades (CAMPOS e RAMOS, 2005). Sendo assim, estabeleceu-se uma relação bilateral entre o uso do solo e o transporte. Campos e Melo (2015) propõem que há dois tipos de interação:

- Impactos do uso do solo sobre o transporte – fatores como densidade residencial e centralização de empregos estão correlacionados com o comprimento de viagem e com a demanda por transporte público;
- Impactos do transporte sobre o uso do solo – a acessibilidade concedida pelo transporte é um fator primordial para a localização de lojas, escritórios, residências. De maneira geral, a acessibilidade mais universal provoca uma organização mais dispersa do uso do solo.

Para Santos, Drumond e Gomes (2019), o setor de transportes é um dos principais elementos para o desenvolvimento de uma região. Isto pois, o investimento na infraestrutura de transportes eleva a demanda agregada ao incentivar a aplicação de capitais privados, o que resulta em um aumento do Produto Interno Bruto – PIB (SONAGLIO *et al.*, 2010). Mankiw (2014) define a demanda agregada como:

“A demanda agregada (DA) é a relação entre a quantidade demandada de produção e o nível agregado de preços. Em outras palavras, a curva de demanda agregada indica a quantidade de bens e serviços que as pessoas desejam comprar a qualquer nível de preço.” (p.412)

Dessa forma, o investimento em infraestruturas aeroportuárias além de atrair empresas e serviços, por consequência aumenta o número de viagens (APPOLD e KASARDA, 2013). Isto indica que quanto mais embarques um aeroporto tiver, seja com origem na região ou em transferência, maior será o crescimento populacional e econômico dessa região (CIDELL, 2015).

2.3 FUNDAMENTOS DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

Os conceitos de crescimento e desenvolvimento econômico, ainda que utilizados com frequência de maneira equivalentes, são de natureza distintas, embora possam ser correlacionados (VIEIRA e SANTOS, 2012). A ideia de crescimento concebe um processo no qual há aumento da renda *per capita* ao longo do tempo, de forma a se alcançar o desenvolvimento (BARRETO, 2012). Em outras palavras, o crescimento é o meio e o desenvolvimento é o fim. O desenvolvimento, por sua vez, envolve dimensões que extrapola o escopo econômico, podendo estar associado à acessibilidade, ou seja, o acesso das pessoas aos locais onde estão os bens de serviço e as oportunidades (LOPES, 2002).

O estudo do desenvolvimento econômico regional no Brasil é dado a partir de modelos econômicos e sua correlação com o crescimento econômico (VIEIRA e SANTOS, 2012). Apesar de não haver um conceito universal entre os economistas, há um consenso entre a maioria de que se trata da relação direta entre desenvolvimento e produção (VIEIRA e SANTOS, 2012).

No século XVIII, em “A Riqueza das Nações”, Adam Smith (2017) concebe o conceito *vantagem absoluta* para tentar explicar os fluxos inter-regionais do comércio. De acordo com a sua teoria, as regiões deveriam priorizar a produção das mercadorias que são feitas a menor custo. Assim, a especialização da mão de obra e a divisão do trabalho é vantajosa uma vez que os interesses da coletividade seriam alcançados a partir do interesse individual (mão invisível do mercado), justificando a importância da liberdade econômica para alcançar o desenvolvimento de uma nação.

Dando continuidade às ideias de Smith, já no século XIX, David Ricardo propôs o conceito de *vantagem comparativa*, em “Princípios de Economia Política e Tributação”. Esta está associada ao custo de oportunidade enfrentado por uma região para a produção de uma determinada mercadoria, ou seja, dada a produção de duas mercadorias, cada região deve avaliar o que perde para produzir A ou B e buscar se especializar naquela em que a perda é menor (RICARDO, 2018). Deste modo, a preocupação central é no crescimento e não no desenvolvimento.

Karl Marx, por meio do materialismo histórico-dialético, critica a maximização da produção acompanhada pela concentração de renda. Para ele, esta maximização indica não haver contribuição para o desenvolvimento, pois não há melhoria na qualidade de vida da maioria das pessoas (MARX, 2017).

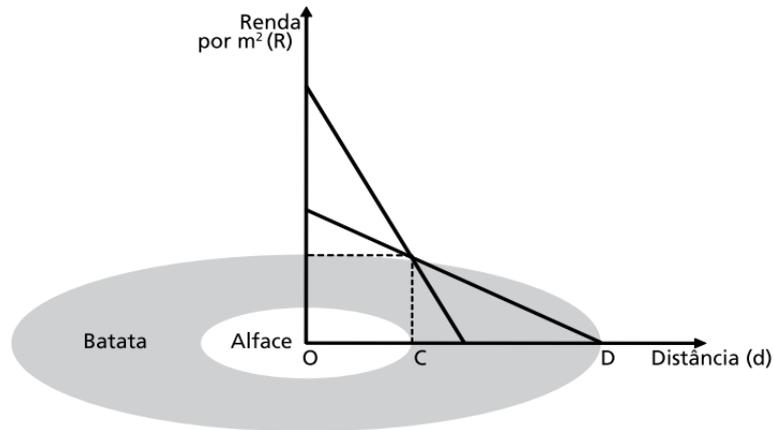
Essas teorias, no entanto, desconsideram o elemento espaço, uma vez que a variável fundamental era o tempo e havia uma consideração da perfeita mobilidade dos fatores de produção, dos bens e serviços e das pessoas (MATTEI e MATTEI, 2017). A partir de 1950 emergem as inquietações relacionadas com os problemas regionais, das quais se desenvolve a análise regional apoiada em dois pilares: Teorias Clássicas da Localizações e Teorias do Desenvolvimento Regional (BASTOS, 2004).

O objeto das Teorias Clássicas da Localização são modelos matemáticos com foco no custo de transporte relacionados à cadeia produtiva como condição para a escolha das unidades de produção, desconsiderando todas as externalidades decorrentes da aglomeração no território BARROS *et al.* (2018). Os modelos mais representativos foram o de Von Thünen (1826), Alfred Weber (1909), Walter Christaller (1935) e Losch (1940), apresentados a seguir.

Na obra “O Estado Isolado”, Von Thünen (MATOS, 2005) introduziu a dimensão espacial na problemática de natureza econômica para definir as justificativas de uma localização agrícola. Segundo a sua teoria, a distância impactava nos custos de transportes, e, em vista disso, quanto mais próximo do centro consumidor maior a concentração de sistemas agrícolas e, por lógica, maior a concentração de renda. Assim, a partir desse arranjo, desenvolvem-se sucessivos anéis contendo sistemas agrícolas progressivamente mais intensos quanto mais próximo da cidade que se

espraíam concentricamente (CABRAL, 2009). O modelo ficou conhecido como Anéis de Von Thünen, Figura 1.

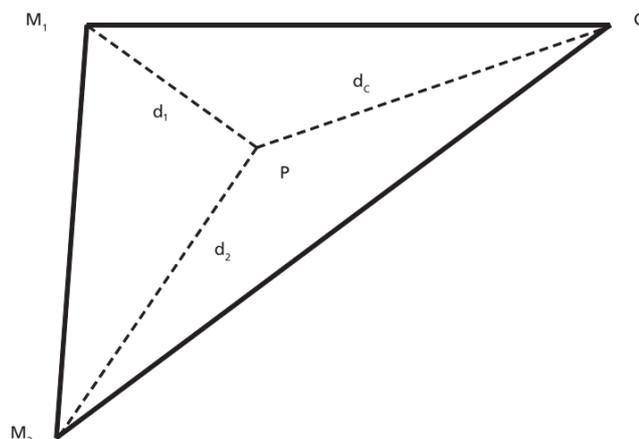
Figura 1 - Anéis de Von Thünen



Fonte: Monasterio e Cavalcante (2011)

Weber, a exemplo de Thünen, buscou teorizar sobre as localizações industriais. Em sua concepção seriam três os fatores que definiriam a localização de uma atividade industrial: o custo de transporte, os custos de mão de obra e as vantagens associadas à economia de aglomeração (BARROS *et al.*, 2018). Em síntese, para minimizar os custos com transporte, o custo de produção deve estar em um ponto ótimo entre a localização das matérias primas e do mercado consumidor (MONASTERIO e CAVALCANTE, 2011). A solução pode ser observada por meio do triângulo locacional de Weber, na Figura 2, em que d_1 é a distância entre M_1 e P, d_2 é a distância entre M_2 e P, d_c é a distância entre C e P.

Figura 2 - Triângulo locacional de Weber

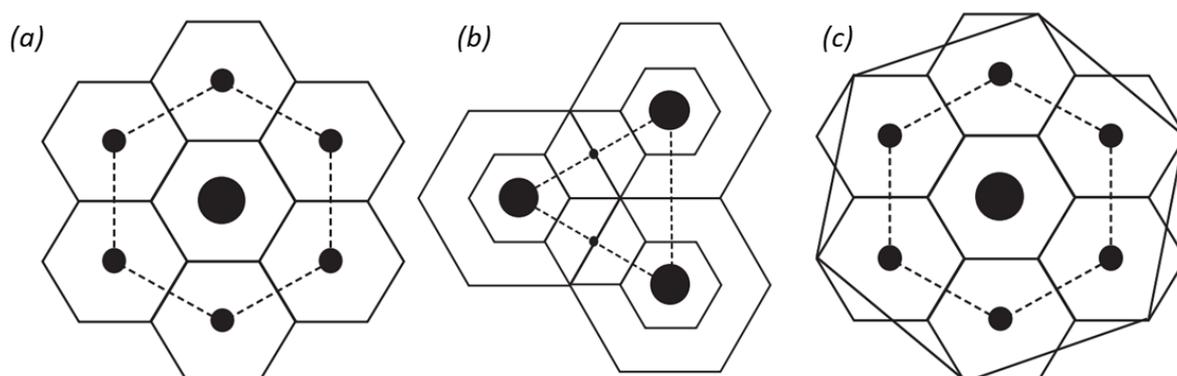


Fonte: Monasterio e Cavalcante (2011)

A Teoria das Localidades Centrais de Christaller (MONASTERIO e CAVALCANTE, 2011) teve como objeto de estudo explicar a distribuição das atividades terciárias por meio da caracterização do formato das áreas que as cidades deveriam ter para que os consumidores fossem atendidos ao mesmo tempo (MONASTERIO e CAVALCANTE, 2011). O padrão de ocupação proposto por Christaller seria, então, hexagonal para atender a três princípios, conforme apresentado na Figura 3:

- (a) Princípio de mercado: minimização do número de centros;
- (b) Princípio de transporte: minimização das distâncias entre os centros;
- (c) Princípio administrativo: minimização do número de centros de ordem superior que administram os de ordem inferior.

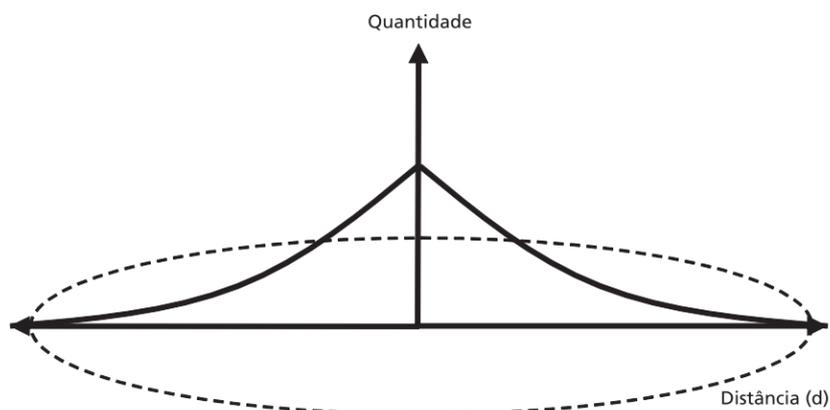
Figura 3 - Hexágonos de Christaller



Fonte: Monasterio e Cavalcante (2011)

Losch (1940) propõe um modelo semelhante ao de Christaller, ao passo que propõe uma hierarquia entre as áreas de mercado (MONASTERIO e CAVALCANTE, 2011). Há, todavia, uma divergência, devido à ponderação de que o tamanho do mercado influencia a localização do empreendimento. A Figura 4 mostra, em síntese, o modelo que pressupõe um monopólio atuando em um mercado bem distribuído e um produto com elasticidade-preço, em que, quanto menor for a elasticidade, menor a relação entre a redução da demanda devido ao aumento da distância (BARROS, MONTEIRO e CRUZ, 2018).

Figura 4 - O cone de Lösch



Fonte: Monasterio e Cavalcante (2011)

As Teorias do Desenvolvimento Regional, por sua vez, enunciavam que, uma vez estabelecidas as vantagens ou desvantagens comparativas dos espaços econômicos, o livre mercado levava ao crescimento das desigualdades econômicas, fazendo necessária a intervenção do Estado para mitigar o desequilíbrio tanto setorial, quanto territorial. Os principais teóricos que rebatiam as teorias clássicas da localização foram Perroux (1955) e Myrdal (1957).

A Teoria dos Polos de Crescimento, postulada por Perroux em 1955, articula que o crescimento não se manifesta em todos os lugares ao mesmo tempo, mas sim em polos específicos, dispersando-se pela região adjacente. O Polo de Crescimento está relacionado às variações da economia nacional, principalmente quanto ao aumento e/ou diminuição do número de indústrias ao longo do tempo (PERROUX, 1967, apud (LIMA e SIMÕES, 2010). A evolução dos Polos de Crescimento seria os Polos de Desenvolvimento, isto é, enquanto entende-se o polo de crescimento como um complexo industrial a partir de uma indústria motriz, percebe-se o polo de desenvolvimento formado por uma ou mais unidades econômicas motriz que influencia a expansão espacial sobre as outras unidades com as quais se relaciona (LIMA e SIMÕES, 2010), em outras palavras, atividades complementares (MARCHIORO, GUBERT e GUBERT, 2014).

Myrdal (LIMA e SIMÕES, 2010) introduz o conceito de países “desenvolvidos” e “subdesenvolvidos”, apontando as disparidades entre essas economias. Os primeiros, determinados pelos altos níveis de renda *per capita*, enquanto os subdesenvolvidos,

classificados pelos baixos níveis de renda *per capita*. Em sua teoria, denominada Causação Circular Cumulativa (C.C.C.), a dinâmica regional é eminentemente desequilibrada, em oposição à teoria clássica, em que havia o princípio de equilíbrio. Assim, o processo circular e cumulativo tende a aumentar as disparidades entre regiões, uma vez que um fator negativo (ou positivo) é, simultaneamente, causa e efeito de outros fatores negativos (ou positivos).

2.4 O AEROPORTO ENQUANTO ELEMENTO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL NO BRASIL

O processo de globalização alterou a organização da economia internacional e, por isso, os países intensificaram as políticas que viabilizam o aumento da eficiência econômica e, por consequência, o ganho de competitividade no mercado global (SILVA, 2010). É nesse contexto que a infraestrutura do transporte aéreo ganha relevância na conjuntura global, uma vez que é atribuído aos aeroportos o papel de ligar as redes urbanas às redes mundiais (PERCOCO, 2010).

Para Sonnenburg e Braun (2017), existe uma relação intrínseca entre o desenvolvimento aeroportuário e o crescimento econômico regional que pode ser explicado pelo investimento em infraestruturas aeronáuticas e não aeronáuticas, com o intuito de expandir o tráfego de passageiros e cargas aumentar as instalações comerciais, o que contribui para o aumento de empregos no lado terra do aeroporto e na região em que se localiza. Da mesma forma, a expansão aeroportuária é resultado do crescimento econômico e do intercâmbio de longa distância, uma vez que a demanda por transporte aéreo está positivamente relacionada ao crescimento das atividades econômicas (BAKER *et al.*, 2015).

O desenvolvimento econômico do Brasil seguiu para uma organização concentrada em poucos estados dos meios de produção e, conseqüentemente, da renda (VASCONCELOS, 2007). Para mitigar as desigualdades e promover o desenvolvimento regional, diversos programas e projetos foram institucionalizados no Brasil.

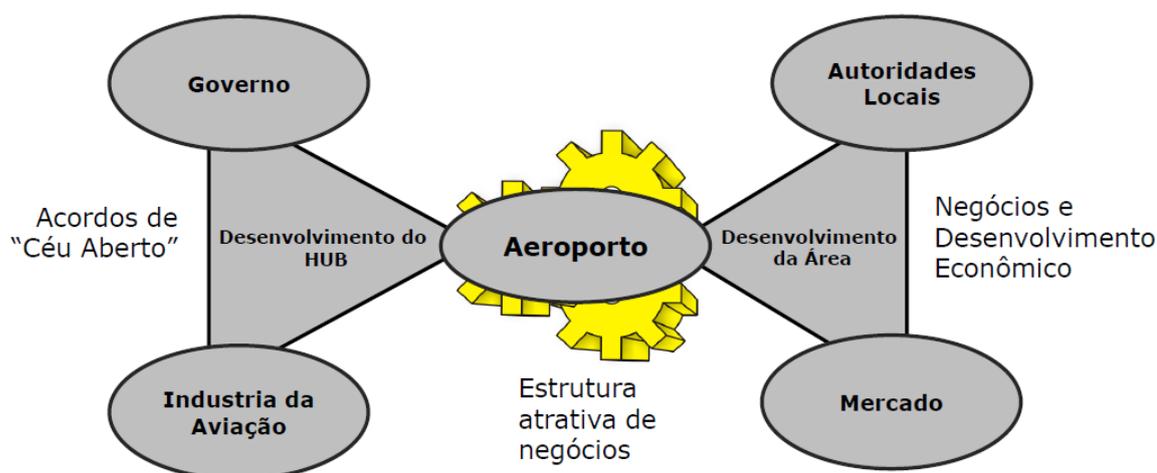
A título de exemplo, em 2018, foi institucionalizada a Política Nacional de Transportes (PNT) que tem como foco induzir o desenvolvimento socioeconômico e promover a integração entre regiões, nacionais e internacionais, por intermédio da oferta de

infraestrutura de transportes. Entre os mecanismos detalhados no Caderno de Estratégias Governamentais, são os relacionados ao Desenvolvimento Regional (BRASIL, 2018):

- Estimular o desenvolvimento dos aeroportos regionais, a partir do aumento da acessibilidade e conectividade da rede de transporte aéreo e da integração nacional e regional.
- Fomentar, por meio de articulação interinstitucional, a conectividade dos aeroportos com os centros urbanos e a integração entre os modos de transporte, buscando a eficiência nos deslocamentos interurbanos.
- Considerar as particularidades regionais na proposição das normas e regulamentos do setor aéreo nacional, a fim de que os custos de implantação da infraestrutura e da operação não inviabilizem o desenvolvimento do setor e a continuidade da oferta de infraestrutura e serviços.

O *Master Plan* Econômico da RMBH (CH2M HILL, 2014), é um exemplo de planejamento em que o aeroporto é elencado como propulsor do desenvolvimento econômico enquanto parte de uma região. Neste plano, o aeroporto assume uma posição central na economia (Figura 5).

Figura 5 - O aeroporto como elemento central no desenvolvimento



Fonte: CH2M HILL (2014)

Para Graham (2003), existem dois tipos de impacto econômico provenientes do aeroporto. O primeiro está associado à renda, ao emprego, ao investimento de capital e às receitas fiscais que as operações aeroportuárias integram, por serem geradores de atividade econômica. O segundo está associado às influências mais amplas, incluindo o investimento interno ou o desenvolvimento do turismo, que podem ocorrer como resultado da presença do aeroporto, contribuindo para o desenvolvimento econômico do lado terra do aeroporto. Dessa forma, os efeitos econômicos provenientes dos aeroportos podem ser classificados como impactos diretos, indiretos e induzidos.

O impacto direto corresponde ao emprego e renda gerados pela operação aeroportuária. Está relacionado às companhias aéreas, instalações comerciais, alfândegas e imigração. O impacto indireto refere-se ao emprego e renda gerados pela cadeia de fornecedores de bens e serviços para as atividades diretas localizadas no aeroporto e no lado terra do aeroporto. Essas atividades incluem os fornecedores de serviços públicos e combustíveis, empresas de construção e limpeza e fornecedores de alimentos e bens de varejo. Ademais, o impacto das atividades diretas e indiretas interfere nos gastos pessoais e, para isso, denomina-se o impacto induzido. Este impacto é definido como o emprego e a renda gerados pelo gasto de renda dos empregados diretos e indiretos em bens e serviços locais, incluindo varejo, alimentação, transporte e moradia (GRAHAM, 2003; BAKER *et al.*, 2015).

2.5 A MUDANÇA DO PAPEL DOS AEROPORTOS

Com a intensificação das relações globais, os aeroportos, que inicialmente se localizavam longe das áreas de interesse, passam a assumir uma posição mais sofisticada no desenvolvimento dos centros urbanos (BRANCO, 2013). Para Yigitcanlar *et al.* (2008), os aeroportos são reconhecidos como centros de atividade urbana, ou seja, aparatos importantes para as cidades e regiões como geradores econômicos e fomento de investimentos. As interações entre o aeroporto e as cidades propiciam novas formas de planejamento urbano, conforme apresentado no capítulo 1, como propulsoras do Desenvolvimento Regional, entre os quais busca-se aprofundar a (i) *airport city*, (ii) *airport corridor* e (iii) *aerotropolis*.

Vários termos têm sido apresentados com o intuito de descrever o desenvolvimento urbano centrado nos aeroportos. Os conceitos mais comuns compreendem 'airport city', 'airport corridor' e 'aerotropolis', dispostos espacialmente de acordo com a Figura 6.

Figura 6 - Conceito de desenvolvimento urbano centrado no aeroporto



Fonte: Adaptado de YIGITCANLAR *et al.* (2008)

Entende-se a *airport city*, como uma nova forma urbana, resultado da atividade aeroportuária, em que concentra, principalmente, infraestrutura e atividades relacionadas à aviação e, também, outros comércios e negócios não relacionados à atividade aeronáutica (GÜLLER e GÜLLER, 2003), buscando diversificar as fontes de receitas aeroportuárias (BRANCO, 2013). Isso implica, por conseguinte, em variedades do uso do solo (PENEDA *et al.*, 2011).

Para Kasarda (2006 *apud* VASCONCELOS, 2007), o aparecimento da cidade-aeroporto depende de fenômenos associados ao próprio crescimento do aeroporto e do tráfego aéreo:

- a) Os principais aeroportos agora obtêm uma maior porcentagem dos seus lucros de fontes "não-aeronáuticas" do que daquelas diretamente relacionadas à aviação;

- b) A área do aeroporto desenvolve uma "marca" devido à qualidade urbanística e visual, próprias a esse equipamento de infraestrutura, atraindo inclusive outros empreendimentos não ligados à atividade aeroportuária;
- c) O rápido desenvolvimento comercial dentro e nos arredores desses aeroportos torna-os grande geradores de crescimento urbano, visto que as áreas aeroportuárias são grandes empregadoras de mão-de-obra, de compras e de negócios *per si*.

A cidade-aeroporto está relacionada com o desenvolvimento regional à medida que passa a participar de uma estratégia regional, já que, o *airport city* não se mantém isolada dos limites do aeroporto (GÜLLER e GÜLLER, 2003).

O conceito de *airport corridor* aparece com o desejo de Schaafsma (2010) de explicar o modelo proposto pelo governo de Amsterdam ao desenvolver um distrito comercial no sul da cidade, denominado Zuidas, entre o centro comercial de Amsterdam e o Aeroporto de Schiphol. Este empreendimento tornou-se potencialmente relevante para a região aeroportuária, ao passo que oferece proximidade com o distrito comercial central e com o aeroporto, atraindo viajantes de negócios e desenvolvendo um corredor urbano.

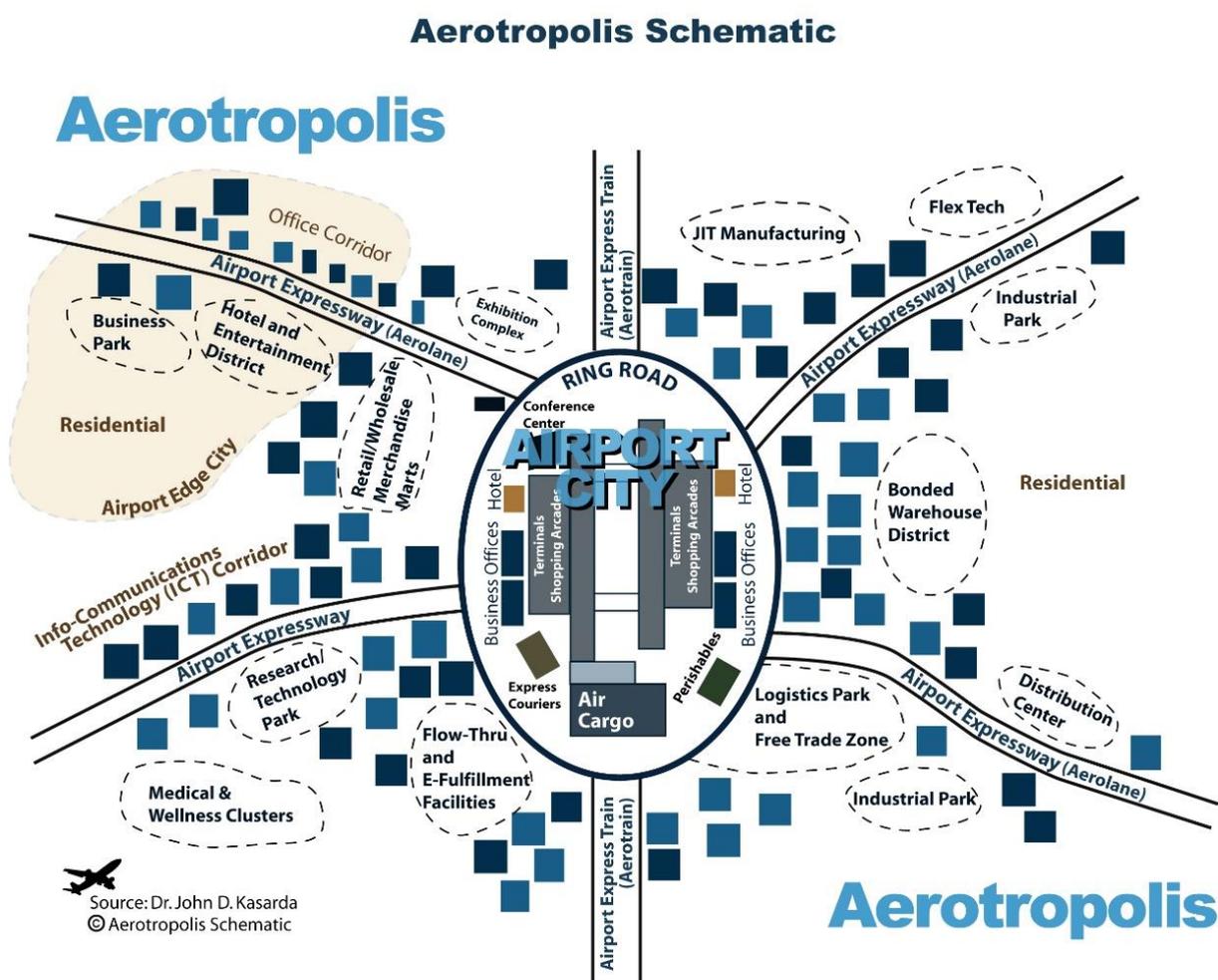
O conceito *aerotropolis* pode ser entendido como um desdobramento do conceito de cidade-aeroporto, uma vez que ao se configurar como área central, recebe a importância de uma metrópole (PEREIRA, 2014). Trata-se, então, do estágio de desenvolvimento de atividades para além das relacionadas ao aeroporto, caracterizando o desenvolvimento de maneira tal qual à de uma metrópole. Para Kasarda (2006), a *aerotropolis* comporta-se como:

“Semelhante à metrópole tradicional, constituída por uma cidade central e os seus subúrbios ligados entre si, a *aerotropolis* é constituída por um núcleo de *airport city* e extensas áreas periféricas de negócios orientados para a aviação e os seus associados empreendimentos residenciais.”

Assim, conforme pode ser observado na Figura 7, enquanto o *airport city* tende a assumir um papel de núcleo urbano, o processo de formação da *aerotropolis* é associado à expansão e aglomeração urbana no entorno do aeroporto, fazendo surgir empresas, zonas residenciais e industriais, centros de pesquisa conectados por

corredores de transporte eficientes (ampliação do sistema de transporte rodoviário e ferroviário) que atraem uma dinâmica econômica vinculada ao aeroporto (PEREIRA, 2014; MACIEL, 2018). Para Carmo, Silva e Baltazar (2019), na *aerotropolis*, o uso do solo e a economia estão orientados pelo aeroporto.

Figura 7 - Esquema da aerotropolis



Fonte: aerotropolis.com⁵ (2018)

⁵ <https://aerotropolis.com/airportcity/wpcontent/uploads/2018/11/AerotropolisSchematic.jpg>. Acesso em: 27 mai. 2022

Embora as *aerotropoli* tenham ocorrido de forma espontânea até hoje, existem alguns pontos-chaves definidos por Kasarda⁶ que confrontado com a Figura 7 esclarece o modelo:

- O aeroporto deve estar ligado de forma eficiente aos centros comerciais e residenciais da região, por meio de vias e trens expressos.
- Faixas especiais exclusivas para caminhões devem ser adicionadas às vias expressas do aeroporto, assim como intercâmbios aprimorados para reduzir o congestionamento.
- A principal métrica de acessibilidade é dada por custo e tempo e não por distância e espaço.
- As atividades de processamento de mercadorias na área do aeroporto (fabricação, armazenamento, transporte por caminhão) devem ser espacialmente segregadas das instalações de fluxos de passageiros do aeroporto.
- Os códigos baseados em formulários devem estabelecer padrões gerais de projeto para edifícios, passarelas, vias de circulação, paisagismo e espaço público na área do aeroporto.
- Comunidades residenciais/comerciais de uso misto que abrigam trabalhadores da *aerotropolis* e viajantes aéreos frequentes devem ser desenvolvidas com deslocamentos fáceis para o aeroporto e projetadas em escala humana, fornecendo serviços locais, amenidades urbanas, facilidade de caminhada e senso de vizinhança.
- Desenvolver e atrair mão de obra e talentos qualificados deve complementar as melhorias de infraestrutura e logística para que a *aerotropolis* suba na cadeia de valor comercial/industrial.

⁶ <https://aerotropolis.com/airportcity/index.php/about/>

3 METODOLOGIA

3.1 A PESQUISA CIENTÍFICA

A palavra pesquisa, na forma do latim *perquirere*, refere-se à palavra perquirir no sentido de investigar. A pesquisa científica compreende as pesquisas que são embasadas em procedimentos para obtenção de resultados, sendo eles a descoberta de um novo conhecimento, a correção ou o crescimento de novos elementos a um estudo existente. Portanto, a pesquisa científica é resultado de um esforço minucioso, realizado com o intuito de resolver um problema por meio de um procedimento sistemático e intensivo com a finalidade de descobrir e interpretar os fatos a partir de uma realidade (SILVEIRA e CÓRDOVA, 2009).

3.2 DESCRIÇÃO DOS DADOS

Este trabalho é um estudo de caso para um aeroporto do hemisfério sul, o Aeroporto Internacional de Belo Horizonte, a partir dos resultados obtidos por Kamruzzaman *et al.* (2021), que estudaram 75 aeroportos localizados em três regiões globais: América do Norte, Europa e Ásia/Austrália. Com o objetivo de aplicar os resultados encontrados para o estudo de caso, adotando a mesma área de interesse, houve o emprego de pesquisa de levantamento e quantitativa analítica, ou seja, se desenvolve apoiado em estudos exploratórios e descritivos e dados numéricos. Assim, o estudo de caso é caracterizado como um estudo de uma entidade bem definida em que é possível obter numerosas informações. Para Fonseca (2002):

O pesquisador não pretende intervir sobre o objeto, mas revelá-la tal como ele o percebe. O estudo de caso apresenta, desse modo, uma forte tendência descritiva. O estudo de caso pode decorrer de acordo com uma perspectiva interpretativa, que procura compreender como é o mundo do ponto de vista dos participantes, ou uma perspectiva pragmática, que visa simplesmente apresentar uma perspectiva global, tanto quanta possível completa e coerente, do objeto de estudo do ponto de vista do investigador (p. 34).

A pesquisa de levantamento possibilita o acompanhamento conjuntural da economia, sendo possível classificar em dois tipos: levantamento de uma amostra ou levantamento de uma população (igualmente denominada de Censo) (FONSECA, 2002). As vantagens do levantamento estão intrinsecamente relacionadas ao conhecimento direto da realidade e organização dos dados de forma a propiciar uma

rica análise estatística (SILVEIRA e CÓRDOVA, 2009). A pesquisa quantitativa por sua vez, se centra na objetividade e considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados e, por isso, recorre à linguagem matemática para descrever as relações entre variáveis (FONSECA, 2002).

Os subitens a seguir desta seção explicam como se deu o levantamento e quais são os dados empregados no estudo. A seção **3.3** discorre sobre os métodos de análise para cada um dos objetivos específicos, bem como, a natureza da modelagem matemática empregada no estudo. O esquema a seguir indica o processo metodológico para alcançar os objetivos específicos.

3.2.1 Uso do solo - Etapas para caracterização

Para o estudo da caracterização do uso do solo, foi utilizado o método de cinco etapas para a extração de classes do uso do solo de Kamruzzaman *et al.* (2021) para os dois anos de análise, 2009 e 2019, conforme descrito a seguir:

- i. Identificação do centroide e geração da área de influência de 7,5 km;
- ii. Seleção das imagens históricas de satélite para 2009 e 2019, evitando a presença de nuvens na região em estudo;
- iii. Todos os recursos do Google Earth foram examinados visualmente para identificar seu tipo de uso do solo, um limite de polígono é digitalizado ao redor do recurso e atribuído ao tipo de uso do solo identificado;
- iv. Todas as feições são desenhadas e atribuídas dentro do limite, elas são exportadas como um arquivo de extensão .kmz;
- v. O arquivo de extensão .kmz foi importado no software de geoprocessamento QGIS e explorado posteriormente para obter informações adicionais (por exemplo, área de cada feição).

Kamruzzaman *et al.* (2021) fizeram a caracterização do uso do solo, registrando a proporção de oito e quatro usos funcionais. Para definir a melhor combinação, foi realizado uma análise de *cluster*, separadamente, para os dois conjuntos de variáveis de entrada:

- (a) Todas as oito classes de uso do solo (aeroporto, uso aeroportuário, residencial, comercial, industrial, água, agricultura, aberto); e

- (b) Reclassificou quatro classes de uso do solo (aeroporto, áreas desenvolvidas, água e não desenvolvido).

As análises resultaram em soluções de dois e três *clusters*, respectivamente, e os quatro usos obtiveram um resultado melhor. A solução de três *clusters* indica que os aeroportos utilizados no modelo foram classificados em três grupos, *Island*, *Build Form* e *Waterfront*. Dessa forma, o presente trabalho elabora a caracterização apenas para quatro classes de uso do solo, em conformidade com o trabalho de referência.

É importante ressaltar que a caracterização realizada pela autora é diferente do realizado por Kamruzzaman *et al.* (2021) quanto aos anos escolhidos. Isso se deve ao fato de que em novembro de 2013 o aeroporto foi concedido à iniciativa privada e, por isso, se torna interessante considerar esse marco no desenvolvimento do aeroporto, estudando dois períodos importantes do aeroporto, cinco anos antes e depois de sua concessão (vide seção 4.2). Os resultados da caracterização do uso do solo são apresentados na seção 5.1.

3.2.2 Municípios - Dados socioeconômicos

Além dos dados de uso do solo, são levantadas informações sobre o contexto econômico e populacional regional. Para apresentar as principais mudanças ocorridas na Região Metropolitana de Belo Horizonte, em especial, as do Vetor Norte e dos municípios que compõem o projeto Aerotrópole Mineira, foram realizadas:

- I. A descrição histórica da formação da Região Metropolitana de Belo Horizonte (vide seção 4.1), bem como, uma pesquisa exploratória dos planos de desenvolvimento da região, tais como o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PDDI), o Plano Metropolitano do Macrozoneamento, o Projeto do Aeroporto Industrial e da *Aerotropolis*;

- II. O levantamento e análise de dados socioeconômicos como o crescimento populacional, Produto Interno Bruto (PIB) e PIB *per capita* para o período típico de análise e para os municípios da Aerótrópole Mineira, a partir de dados disponibilizados pelo SIDRA⁷ (Sistema IBGE de Recuperação Automática) de maneira a descrever e mostrar graficamente as mudanças socioeconômicas. Os dados em série histórica serão apresentados na seção **5.2**.
- a. A informação de crescimento populacional é apresentada em relação à 2009 e foi obtida por meio das Estimativas da População e do Censo Demográfico para a população residente, disponibilizadas pelo SIDRA. As Estimativas da População fornecem as estimativas do total da população dos Municípios e das Unidades da Federação brasileira, com a data de referência em 1º de julho, para o ano calendário corrente e são calculadas aplicando-se o método matemático denominado $A_i B_i$. As estimativas são realizadas para os anos em que não há Censo Demográfico ou Contagem da População. Os Censos Demográficos, por sua vez, são pesquisas estatísticas cujo levantamento consiste na visita a todos os domicílios de um país e constituem a única fonte de referência para o conhecimento das condições de vida da população em todos os municípios e em seus recortes territoriais internos - distritos, bairros e localidades, rurais ou urbanas. Além disso, os dados absolutos de população são utilizados como variáveis explicativas para avaliar a convergência do modelo proposto por Kamruzzaman *et al.* (2021).
 - b. A informação de crescimento do PIB é apresentada, também, em relação à 2009. O PIB é um indicador macroeconômico e tem como objetivo mensurar a atividade econômica de uma região a partir da produção de novos bens e serviços produzidos durante um período. Foi avaliado neste trabalho o PIB calculado a preços correntes, em outras palavras, é o PIB que é calculado a partir dos preços e valores de determinado produto e serviço no ano em que foram produzidos.
 - c. O PIB *per capita* é a divisão do PIB municipal pelo número de habitantes de cada município. Ele indica quanto compete a cada sujeito se todos

⁷<http://sidra.ibge.gov.br> Acesso em: 12 de jun. 2022

recebessem partes iguais. É utilizado como variável explicativa para avaliar a convergência do modelo proposto por Kamruzzaman *et al.* (2021).

3.2.3 Aeroporto - Produtividade (unidade de carga de trabalho – UCT)

Outro dado relevante é o de produtividade do aeroporto, denominado Unidade de carga de trabalho – UCT⁸ e conhecida também como *Work Load Unit - WLU*. A UCT é uma forma de comparar e ranquear aeroportos com características diferentes, ou seja, comparar aeroportos tipicamente de passageiros com aeroportos tipicamente de carga (INFRAERO, 2014). Para esse dado, foram avaliadas duas variáveis que indicam o crescimento da produtividade do aeroporto:

- I. Movimentação de passageiros
- II. Movimentação de cargas

Essas mesmas variáveis foram estudadas por Percoco (2010), no qual se buscou estimar funções que relacionassem à atividade aeroportuária com o Desenvolvimento Regional, encontrando como resultado elasticidades que explicariam o elo. A partir disso, presume-se que o crescimento econômico regional está relacionado ao crescimento aeroportuário, o que afeta o padrão de uso do solo no entorno do aeroporto (KAMRUZZAMAN *et al.*, 2021).

Os dados de produtividade foram obtidos por meio de três fontes. Para o período que antecede a concessão, 2009 a 2013, os dados foram retirados do Anuário Estatístico Operacional de 2013⁹, disponibilizado pela INFRAERO, e de 2014 a 2019 os dados foram obtidos no site da BH-Airport¹⁰, em estatísticas e publicações. Para validar as informações e compreender o contexto do aeroporto, seção 4.2, foram utilizados os dados disponibilizados pela ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil.

Na base de dados disponibilizada pela INFRAERO, o movimento anual de passageiros é a soma de passageiros embarcados e desembarcados, categorizados em regular e não regular e classificados de acordo com o tipo de viagem, se doméstico

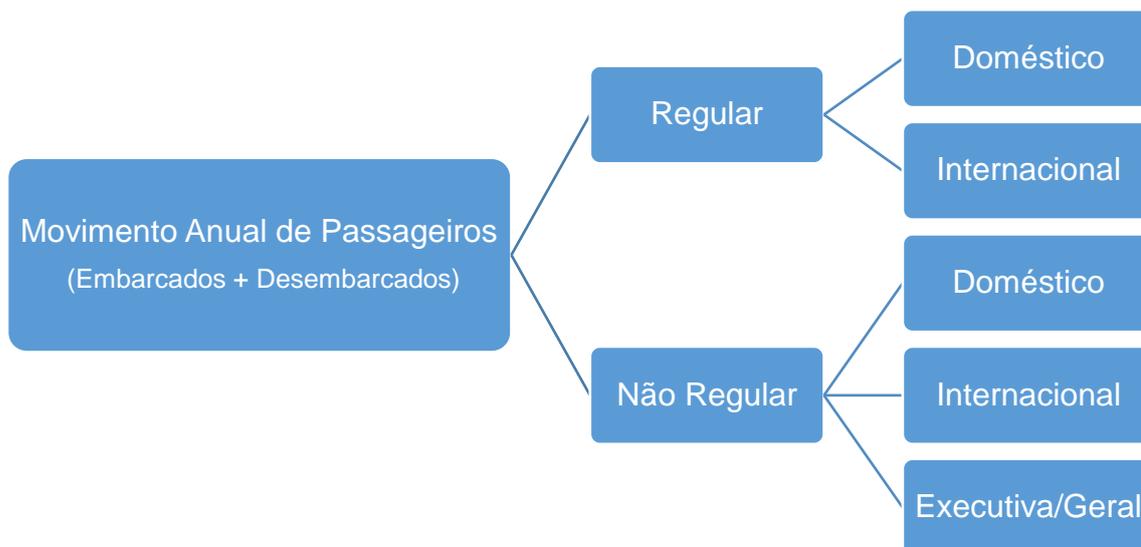
⁸ Uma UCT equivale a um passageiro ou 100 quilos de carga de porão (carga aérea e correios).

⁹ <https://transparencia.infraero.gov.br/estatisticas/> Acesso em: 12 de jun. 2022

¹⁰ <https://site.bh-airport.com.br/SitePages/pt/publicacoes/estatisticas.aspx> Acesso em: 5 de jun. 2022

ou internacional. A apresentação dos dados de movimentação de carga aérea e correios se dá de forma semelhante, exceto que não a classe executiva/geral para voos não regulares. A Figura 8 mostra um esquema de como os dados são encontrados.

Figura 8 - Esquema da apresentação de dados de movimentação de passageiros disponibilizados pela INFRAERO



Fonte: Elaborado pela autora com base nos Anuários Estatísticos Operacionais

A INFRAERO define os seguintes termos:

- Transporte regular: voo efetuado com existência de HOTRAN¹¹ assim definido pela ANAC;
- Transporte não regular: voo efetuado sem a existência de HOTRAN;
- Movimento de Passageiros: soma do quantitativo de passageiros embarcados mais desembarcados, ou seja, a soma dos passageiros de origem, destino e conexões.

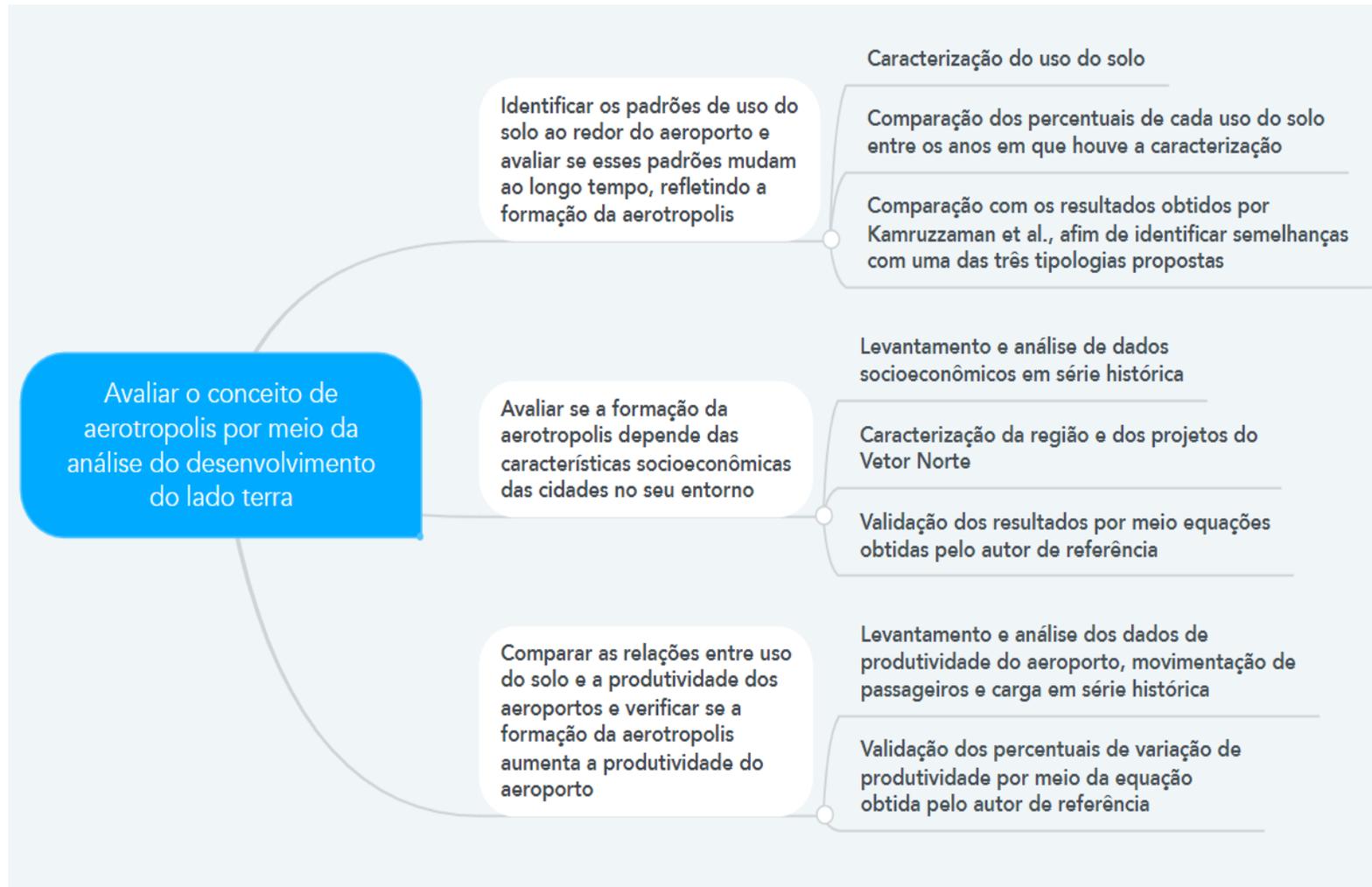
Os dados de produtividade serão apresentados na seção **5.3**, quando será avaliado se a produtividade do aeroporto influencia na formação da aerotropolis e se a formação da *aerotropolis* influencia no aumento de produtividade do aeroporto.

¹¹ É o documento informativo que se destina a formalizar as autorizações para a exploração de linhas regulares pelas Empresas de Transporte Aéreo (BRASIL, 2005)

3.3 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS

Para alcançar os objetivos específicos propõem-se os métodos, de acordo com o esquema da Figura 9:

Figura 9 - Esquema da metodologia utilizada



Fonte: Elaborado pela autora

3.3.1 Uso do solo

Para identificar os padrões de uso do solo ao redor do aeroporto e avaliar se esses padrões mudam ao longo tempo. Neste ponto, é comparado os percentuais para cada tipo de uso do solo entre os anos em estudo, obtidos a partir da caracterização. Após essa primeira análise, esses resultados são comparados aplicando-se os resultados de Kamruzzaman *et al.*, com o intuito de identificar a semelhança entre a tipologia *Island*, que compõe o estudo aludido, e o Aeroporto Internacional de Belo Horizonte. Escolheu-se a tipologia *Island* em virtude da semelhança entre a disposição geoespacial do aeroporto em estudo e a definição da tipologia.

- *Island* – cercado por terrenos em sua maioria desocupados, com moderado nível de áreas construídas;
- *Waterfront* – cercado por alta proporção de água com moderado nível de áreas construídas;
- *BuildForm* – cercado principalmente por áreas construídas com nível moderado de terrenos ociosos.

3.3.2 Variáveis socioeconômicas

Para avaliar se a formação da aerotropolis depende das características socioeconômicas das cidades no seu entorno, por meio do modelo proposto por Kamruzzaman *et al.* (2021), foi realizada a caracterização da RMBH e dos projetos que orientam o desenvolvimento do Vetor Norte, como, por exemplo, o Projeto da Aerotrópole Mineira. O intuito foi de descrever o contexto em que emerge a aerotropolis bem como identificar espacialmente os municípios que a compõe. Para estes municípios que constituem o projeto, tal qual para outros três, Belo Horizonte, Contagem e Betim, que têm como o Aeroporto Internacional de Belo Horizonte o principal meio de ligação aeroportuário, foram avaliados o crescimento populacional, PIB e PIB *per capita*.

Para mais, os dados de crescimento populacional e PIB *per capita* foram utilizados como variáveis explicativas no modelo de Regressão Múltipla Multivariada estimado por Kamruzzaman *et al.* (2021), que teve como intuito de identificar potenciais relações causais para a formação de uma aerotropolis, conforme colocado por Graham (2003) e Baker, Merkert e Kamruzzaman, (2015). O modelo resultou em

quatro modelos multivariados, um para cada categoria de uso do solo. As equações resultantes dos modelos multivariados estão dispostas a seguir:

$$\begin{aligned} \Delta\%BuildUp = & -1.31 & (1) \\ & + (2.71 * Island + 0.44 * WaterFront + 0.0 * BuiltForm) \\ & + (1.48 * NorthAmerica + 1.22 * Australiasia + 0.0 \\ & * Europe) + (0.01 * DistanceCBD) + (-0.01 * \Delta\%GDP) \\ & + (0.11 * \Delta\%Population) + (0.01 * \%BuiltUpLand - 0.02 \\ & * \%UndevelopedLand - 0.01 * \%Waterbody + 0.0 \\ & * \%AirportUse) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta\%Undeveloped & & (2) \\ = & 3.98 \\ & + (-2.76 * Island - 0.32 * Waterfront + 0.0 * BuildForm) \\ & + (-2.54 * NorthAmerica - 2.29 * Australiasia + 0.0 \\ & * Europe) + (-0.01 * DistanceCBD) + (-0.01 * \Delta\%GDP) \\ & + (0.12 * \Delta\%Population) + (-0.03 * \%BuiltUpLand - 0.01 \\ & * \%UndevelopedLand + 0.01 * \%Waterbody + 0.0 \\ & * \%AirportUse) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta\%Airport = & -5.80 & (3) \\ & + (-0.58 * Island + 1.33 * Waterfront + 0.0 * BuildForm) \\ & + (0.10 * NorthAmerica + 1.01 * Australiasia + 0.0 \\ & * Europe) + (0.01 * DistanceCBD) + (0.02 * \Delta\%GDP) \\ & + (0.01 * \Delta\%Population) + (0.05 * \%BuiltUpLand + 0.08 \\ & * \%UndevelopedLand + 0.03 * \%Waterbody + 0.0 \\ & * \%AirportUse) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta\%Water = 3.14 & \quad (4) \\ & + (0.63 * Island - 1.44 * Waterfront + 0.0 * BuildForm) \\ & + (0.07 * NorthAmerica + 0.07 * Australiasia + 0.0 \\ & * Europe) + (-0.01 * DistanceCBD) + (-0.01 * \Delta\%GDP) \\ & + (-0.01 * \Delta\%Population) + (-0.03 * \%BuiltUpLand \\ & - 0.04 * \%UndevelopedLand - 0.02 * \%Waterbody + 0.0 \\ & * \%AirportUse) \end{aligned}$$

Onde:

- $\Delta\%BuildUp$, $\Delta\%Undeveloped$, $\Delta\%Airport$ e $\Delta\%Water$ são as variáveis dependentes, onde:
 - $\Delta\%BuildUp$: Taxa de variação das áreas desenvolvidas
 - $\Delta\%Undeveloped$: Taxa de variação das áreas não desenvolvidas
 - $\Delta\%Airport$: Taxa de variação das áreas do aeroporto
 - $\Delta\%Water$: Taxa de variação dos corpos d'água
- *Island*, *Waterfront* e *BuildForm* são tipologias dos aeroportos definidas por Kamruzzaman *et al.* (2021) com base nas características de uso do solo, variando entre 0 e 1;
- *NorthAmerica*, *Australiasia* e *Europe* são as três regiões globais consideradas para o estudo, variando entre 0 e 1, sendo:
 - *NorthAmerica* – América do Norte;
 - *Australiasia* – Austrália e/ou Ásia;
 - *Europe* – Europa.
- *DistanceCBD* (*Central Business District*) – Distância do aeroporto em relação à cidade principal mais próxima;
- $\Delta\%GDP$ (*Gross Domestic Product*) – Taxa de variação do Produto Interno Bruto;
- $\Delta\%Population$ – Taxa de variação da população da cidade principal mais próxima;
- $\%BuiltUpLand$ – Proporção da classe de uso do solo correspondente às áreas desenvolvidas em 2009;

- *%UndevelopedLand* – Proporção da classe de uso do solo correspondente às áreas não desenvolvidas em 2009;
- *%Waterbody* – Proporção da classe de uso do solo correspondente às áreas com corpos d'água em 2009;
- *%AirportUse* – Proporção da classe de uso do solo correspondente às áreas de uso aeroportuário em 2009.

3.3.3 Variáveis de produtividade

Para comparar as relações entre uso do solo e a produtividade dos aeroportos e verificar se a formação da aerotropolis (avaliada a partir da variação percentual de áreas construídas) aumenta a produtividade do aeroporto, Kamruzzaman *et al.* (2021) propõe um modelo de regressão dos mínimos quadrados ordinários em que a variável “% Δ *BuiltUpLand*” é um fator explicativo para a produtividade do aeroporto. O resultado foi a equação abaixo:

$$\begin{aligned} \% \Delta WLU = & -57.55 + (11.70 * \% \Delta BuiltUpLand) & (5) \\ & + (26.89 * Waterfront + 18.58 * BuildForm + 0.00 \\ & * Island) \\ & + (7.30 * Europe - 55.14 * NorthAmerica + 0.00 \\ & * Australiasia) + (-0.07 * DistanceCBD) + (0.46 \\ & * \Delta \% Population) + (0.60 * \Delta \% GDP) + (0.94 \\ & * \% BuiltUpLand + 0.84 * \% UndevelopedLand + 0.86 \\ & * \% Waterbody + 0.0 * \% AirportUse) \end{aligned}$$

Onde:

- $\% \Delta WLU$ – Taxa de mudança na produtividade do aeroporto;
- $\% \Delta BuiltUpLand$ – Variação percentual de áreas desenvolvidas;
- *Island*, *Waterfront* e *BuildForm* são tipologias dos aeroportos definidas por Kamruzzaman *et al.* (2021) com base nas características de uso do solo, variando entre 0 e 1;
- *NorthAmerica*, *Australiasia* e *Europe* são as três regiões globais consideradas para o estudo, variando entre 0 e 1, sendo:

- *NorthAmerica* – América do Norte;
- *Australiasia* – Australia e/ou Ásia;
- *Europe* – Europa.
- *DistanceCBD (Central Business District)* – Distância do aeroporto em relação à cidade principal mais próxima;
- $\Delta\%GDP$ (*Gross Domestic Product*) – Taxa de variação do Produto Interno Bruto
- $\Delta\%Population$ – Taxa de variação da população da cidade principal mais próxima;
- *%BuiltUpLand* – Proporção da classe de uso do solo correspondente às áreas desenvolvidas;
- *%UndevelopedLand* – Proporção da classe de uso do solo correspondente às áreas não desenvolvidas;
- *%Waterbody* – Proporção da classe de uso do solo correspondente às áreas com corpos d'água;
- *%AirportUse* – Proporção da classe de uso do solo correspondente às áreas de uso aeroportuário.

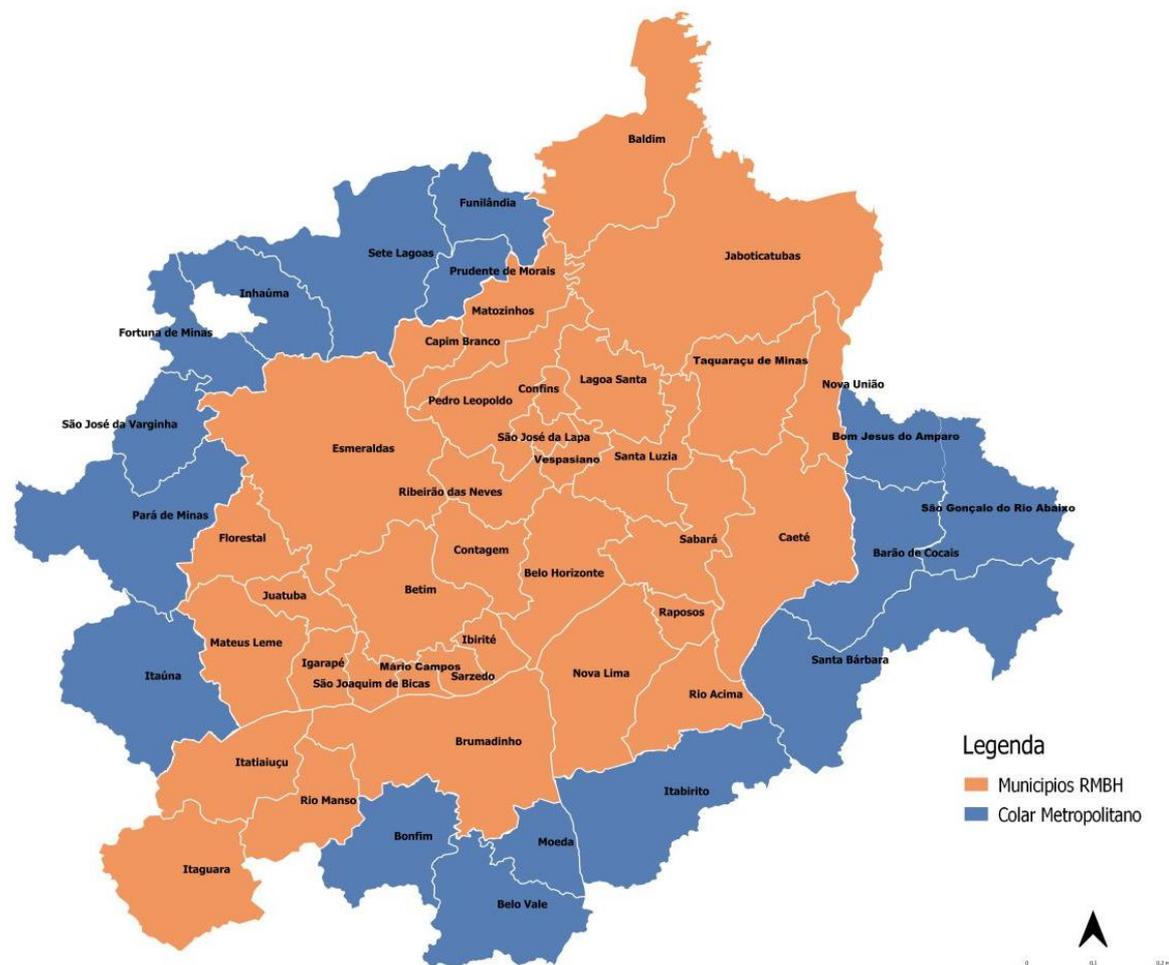
4 A REGIÃO DO AEROPORTO DE BELO HORIZONTE

4.1 OS MUNICÍPIOS DA RMBH E DO COLAR METROPOLITANO

A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) foi instituída em 1973 por meio da Lei Complementar nº 14, de 8 de Junho de 1973 (BRASIL, 1973) que concebia a RMBH composta pelos municípios Belo Horizonte, Betim, Caeté, Contagem, Ibirité, Lagoa Santa, Nova Lima, Pedro Leopoldo, Raposos, Ribeirão das Neves, Rio Acima, Sabará, Santa Luzia e Vespasiano. Em 1989, a Constituição Estadual de Minas Gerais inseria Brumadinho, Esmeraldas, Igarapé e Mateus Leme à RMBH, além de apresentar uma nova organização denominada Colar Metropolitano. Entre a década de 90 e início do novo milênio, outras quatorze municipalidades foram incorporadas à RMBH permanecendo até hoje: Baldim, Capim Branco, Confins, Florestal, Itaguara, Itatiaiuçu, Jaboticatubas, Juatuba, Mário Campos, Matozinhos, Nova União, Rio Manso, São Joaquim de Bicas, São José da Lapa, Sarzedo e Taquaraçu de Minas.

O Colar Metropolitano, por sua vez, é constituído por 16 municípios: Barão de Cocais, Belo Vale, Bonfim, Fortuna de Minas, Funilândia, Inhaúma, Itabirito, Itaúna, Moeda, Pará de Minas, Prudente de Moraes, Santa Bárbara, São José da Varginha, Sete Lagoas, Bom Jesus do Amparo e São Gonçalo do Rio Abaixo. A organização territorial pode ser observada na Figura 10.

Figura 10 - Região Metropolitana e Colar Metropolitano de Belo Horizonte



Fonte: (MINAS GERAIS, 2020)

Destaca-se que na RMBH, em particular no município de Confins, está situado o Aeroporto da Pampulha e o Aeroporto Internacional de Belo Horizonte, posicionado ao Norte da capital mineira. Em 2011, no Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI), essa área foi caracterizada por terras férteis e de relevo pouco acidentado, propiciando o uso rural com atividades agropecuárias e exploração de calcário. A região urbanizada, por sua vez, foi descrita por uma ocupação horizontal em parcelamentos com carência de infraestrutura e, os municípios mais próximos à Belo Horizonte, tinham uma tendência a se verticalizar quanto mais atendidos fossem por infraestrutura ou próximo à Cidade Administrativa. O Vetor Norte vem passando por intensivos investimentos e propostas robustas de desenvolvimento, que serão apresentadas ao longo das próximas seções.

4.1.1 Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado - PDDI

Um dos projetos precedentes do PDDI foi o projeto “Vetor Norte e Áreas de Influência do Rodoanel: estratégias de redução da desigualdade social e da pobreza”, coordenado pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Política Urbana (SEDRU), em 2009, envolvendo 16 municípios da RMBH em um processo participativo utilizado para embasar o planejamento metropolitano. O objetivo geral do projeto foi “implementar estratégias de gestão participativa e cooperativa para o Vetor Norte e área de influência do Contorno Viário Norte da RMBH que estimulem o seu desenvolvimento econômico, sem comprometer o equilíbrio ambiental, e contribuam para a redução da desigualdade social e da pobreza”. É válido ressaltar aqui os tópicos de interesse do diagnóstico relacionados ao Vetor Norte:

- Economias locais podem melhorar com aeroporto industrial e outros empreendimentos do Vetor Norte;
- Expectativa de que só as obras dos empreendimentos já gerem uma quantidade significativa de empregos, principalmente na região 3 (Capim Branco, Pedro Leopoldo, Matozinhos, São José da Lapa e Confins);
- Perspectiva de criação de empregos ligados ao Centro Administrativo ressaltada nos municípios do entorno.

O PDDI-RMBH foi elaborado entre 2009 e 2011 e estruturou-se em quatro Eixos Integradores e um volume de políticas de Dimensão Estruturante (MINAS GERAIS, 2011). O objetivo do PDDI é construir um processo de planejamento metropolitano na RMBH envolvendo seus municípios, o Estado de Minas Gerais, os órgãos federais ali atuantes, a sociedade civil organizada em seus movimentos sociais, associações empresariais e populares e, os municípios que compõem o Colar e o Entorno Metropolitano (MINAS GERAIS, 2014).

O Vetor Norte goza de grandes investimentos em infraestruturas físicas, sociais e produção de loteamentos residenciais. Com o intuito de alcançar o desenvolvimento e aumentar a mobilidade em direção ao Vetor Norte e ao Aeroporto Internacional Tancredo Neves, houve a proposição de diversos projetos que geraram intervenções no espaço urbano, entre eles a Linha Verde e a duplicação da Avenida Antônio Carlos. Ademais, há outros esforços para tornar a região mais desenvolvida, como a indústria de cimento e base aeronáutica como bases do crescimento, bem como, o aumento

de condomínios. É notório o caráter bastante horizontal, principalmente devido aos parcelamentos residenciais fechados voltados para população de alta renda, especialmente nos municípios com este histórico de ocupação, como é o caso de Lagoa Santa. Há, no entanto, uma tendência maior de verticalização em áreas com maior acessibilidade, como no entorno da Cidade Administrativa. Nos municípios mais distantes, ainda predominam tipos de ocupação mais característicos de cidades sem grande comprometimento com o processo de metropolização (UFMG, 2011).

4.1.2 Macrozoneamento

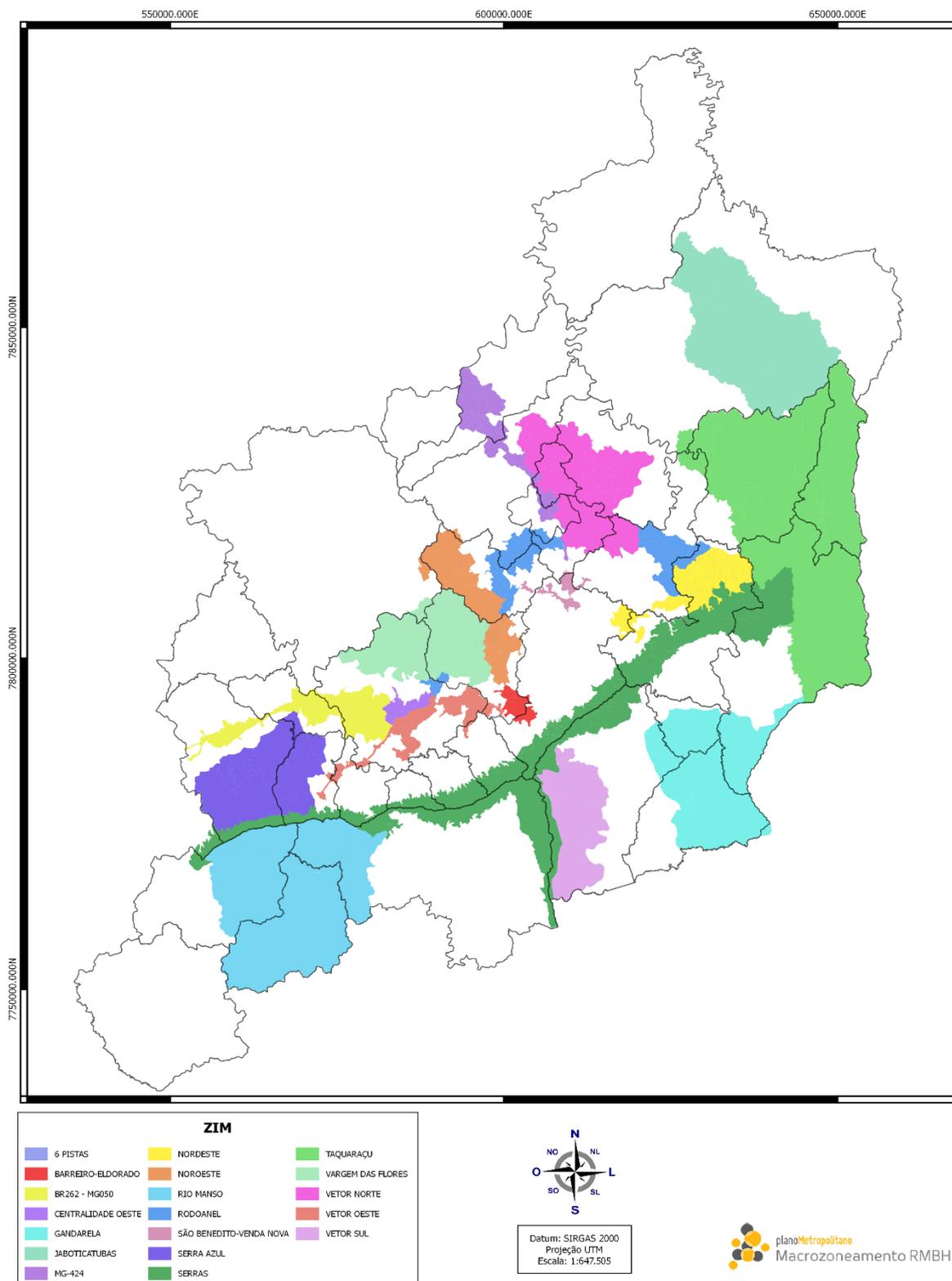
O Macrozoneamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte é definido pela Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (ARMBH) como:

Um instrumento, orientado pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI-RMBH), que permite a organização das diversas áreas que são de interesse comum da metrópole e o estabelecimento das diretrizes para o uso e a ocupação dessas áreas. Foram definidas as Zonas de Interesse Metropolitano – ZIMs – territórios delimitados em que o interesse metropolitano prevalece sobre o local, e as Áreas de Interesse Metropolitano – AIMs – porções do território voltadas para a implementação de políticas do PDDI. (ARMBH, 2014)

O macrozoneamento define vetores de expansão metropolitana em função das estruturas de acessibilidade determinadas, muitas vezes, pelo sistema viário. Além disso, manteve-se uma coerência entre os limites municipais e as unidades territoriais.

Apesar de pouco usual para a escala metropolitana, o macrozoneamento (vide Figura 11) utilizou do zoneamento por uso para o detalhamento das Zonas de Interesse Metropolitano (ZIM). Para isso, foi realizada uma adaptação e articulação da metodologia convencional de uso e ocupação do solo aos zoneamentos ambientais mais abrangentes. Ao todo, o macrozoneamento definiu 10 ZIMs Eixos Estruturantes, sendo uma delas a ZIM Eixo Confins. Esta foi impulsionada pelos projetos de Aerotropolis e Aeroporto Industrial, que trariam investimentos e expansão imobiliária.

Figura 11 – Mapa de delimitação das ZIM



Fonte: Macrozoneamento RMBH

4.1.3 Projeto Aeroporto Industrial

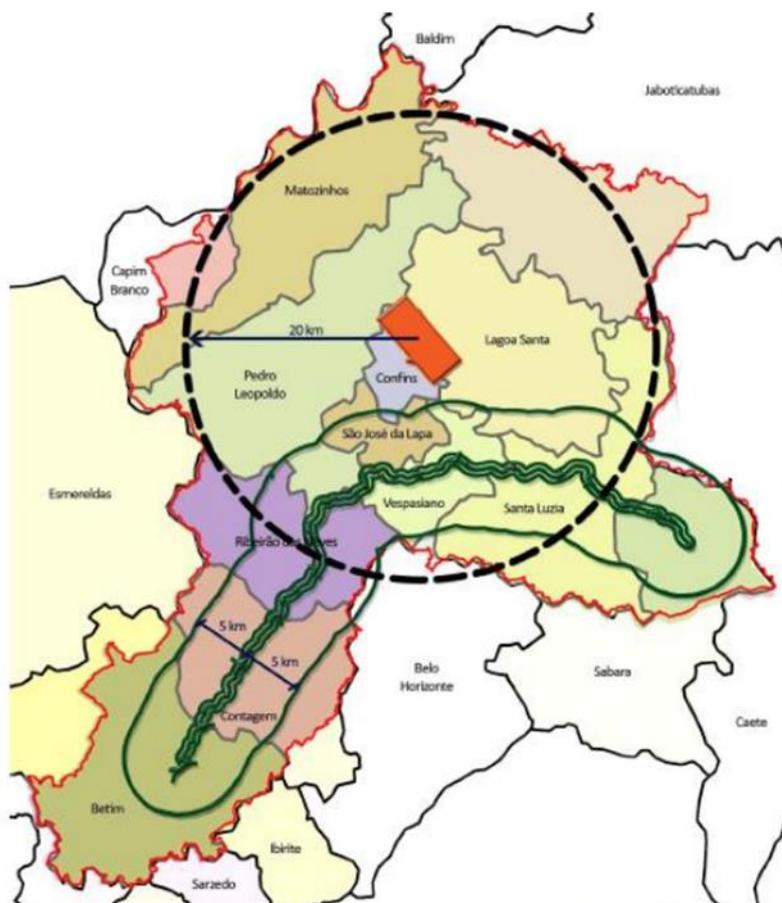
O Projeto Aeroporto Industrial é um projeto pioneiro no Brasil e tem grande potencial para aumentar a competitividade de empresas brasileiras no contexto internacional. Ele prevê benefícios fiscais às empresas exportadoras que estiverem instaladas dentro do sítio aeroportuário, transformando o aeroporto em um ambiente de negócios (ARMBH, 2020). Alguns atrativos para as empresas que se instalarem no local é a isenção de impostos de importação e exportação, por exemplo ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços). Apesar do início das atividades do Aeroporto Industrial começar em 2020, em 2000 a Lei nº 13.449 de 10 de janeiro de 2000 denominada “Programa de Apoio ao Desenvolvimento do Comércio Exterior do Aeroporto Internacional Tancredo Neves - PRÓ-CONFINS” foi sancionada com o objetivo de consolidar o Estado como polo de desenvolvimento e de negócios relacionados com o comércio exterior, mediante o aproveitamento da infraestrutura do Aeroporto Internacional Tancredo Neves (MINAS GERAIS, 2000).

O Projeto Aeroporto Industrial faz parte do Projeto Aerotrópole Mineira que tem como um dos objetivos determinar uma ocupação do solo de forma inteligente, concomitante com governança ambiental, infraestrutura customizada, com a premissa de que o crescimento econômico é impulsionado pela mobilidade de negócios de base tecnológica (ARMBH, 2020).

4.1.4 Projeto Aerotrópole Mineira

O Projeto Aerotrópole Mineira, esquematizado na Figura 12, é fundamentado na premissa de que o crescimento econômico do Século XXI é impulsionado pela mobilidade de negócios de base tecnológica (ARMBH, 2020). O *Master Plan* (CH2M HILL, 2014) define a Aerotrópole como uma região econômica urbana centrada no aeroporto. Em conjunto, o “Plano Macroestrutural – Corredor Multimodal de Alta Tecnologia da RMBH” previa uma ocupação crescente nos municípios do Vetor Norte, onde o Aeroporto Internacional Tancredo Neves se tornaria o orientador do desenvolvimento da região.

Figura 12 - Área de estudo baseada nos municípios influenciados pelo raio da Aerotrópole do AITN e Rodoanel



Fonte: *Master Plan Econômico da RMBH* (CH2M HILL, 2014)

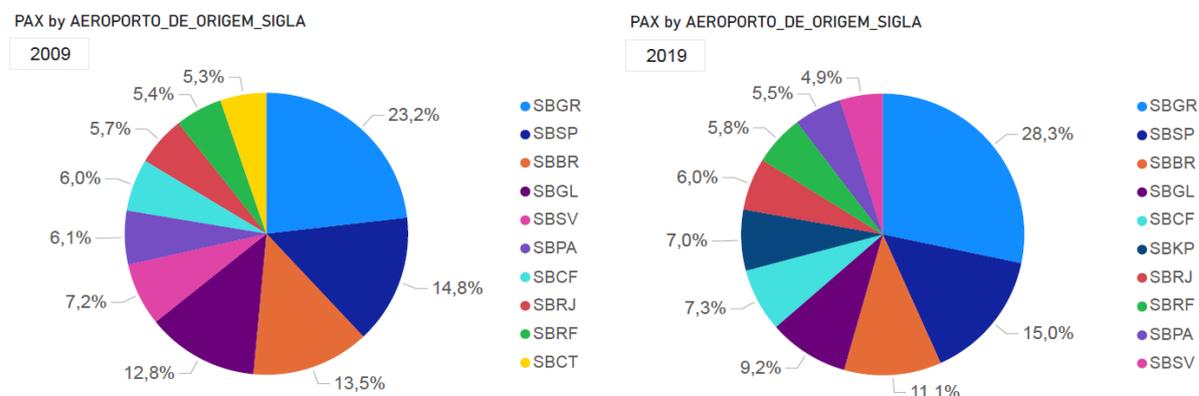
A área de estudo do Projeto contempla a área dentro de um raio de 20 km e tem como os municípios integrantes do Projeto Aerotrópole Mineira: Confins, Lagoa Santa, Matozinhos, Pedro Leopoldo, Ribeirão das Neves, Santa Luzia, São José da Lapa e Vespasiano.

4.2 O AEROPORTO INTERNACIONAL DE BELO HORIZONTE

O Aeroporto Internacional de Belo Horizonte/Confins –Tancredo Neves está localizado no município de Confins, em Minas Gerais, e está posicionado a aproximadamente 40 km de Belo Horizonte.

Segundo dados da ANAC (2022), CNF era o sétimo aeroporto mais movimentado do Brasil, em 2009, quando analisado os dados estatísticos de passageiros, passando a ser o quinto, em 2019. A Figura 13 ilustra esses dados.

Figura 13 - Dez maiores percentuais de movimentação de passageiros no cenário nacional em 2009 e 2019

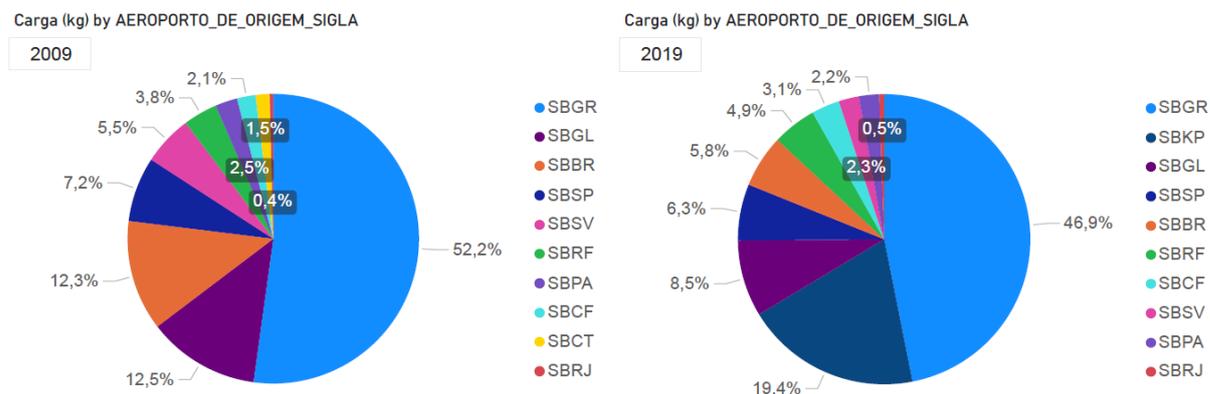


Fonte: Elaborado pela autora com bases nos dados estatísticos disponibilizados pela ANAC (2022)

A partir da análise comparativa entre os gráficos da Figura 13, em que mostra a participação de cada aeroporto quanto ao número de passageiros em 2009 e 2019, é possível perceber o crescimento da participação do Aeroporto Internacional de Belo Horizonte/Confins –Tancredo Neves (SBCF), que aumentou de 6,0% para 7,3%. A maior movimentação de passageiros permanece no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos – Governador André Franco Montoroguaru (SBGR), mantendo a tendência respectiva para o Aeroporto de São Paulo/Congonhas - Deputado Freitas Nobre (SBSP), Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek (SBBR) e Aeroporto Internacional do Galeão/Rio de Janeiro - Tom Jobim (SBGL).

Além do aumento percentual da participação no número de passageiros, é possível observar também o aumento percentual na participação da movimentação de cargas. A Figura 14 mostra os percentuais para 2009 e 2019. É possível verificar que SBCF apresenta um aumento percentual na composição dos movimentos de carga, saltando de 2,1% para 3,1%.

Figura 14 – Dez maiores percentuais de movimentação de cargas no cenário nacional em 2009



Fonte: Elaborado pela autora com bases nos dados estatísticos disponibilizados pela ANAC (2022)

Destaca-se que o Estado de São Paulo, em 2009, abarcava 59,4% da carga aeroportuária brasileira, incluindo SBGR e SBSP. Em 2019, com o Estado englobou 72,6% da carga brasileira considerando SBGR, SBSP e Aeroporto Internacional de Campinas/Viracopos - SBKP. Quase 3/4 da carga brasileira passou pelo Estado de SP e 12,9% pelo Rio de Janeiro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 TIPOLOGIA DO USO DO SOLO

Para atender ao primeiro objetivo específico, identificar os padrões de uso do solo ao redor do aeroporto e avaliar se esses padrões mudam ao longo tempo, foi realizada uma caracterização dos padrões dominantes de uso do solo no entorno do aeroporto. Como abordado anteriormente, os anos de estudo foram escolhidos devido à concessão do aeroporto à iniciativa privada em novembro de 2013, optando-se por estudar cinco anos antes e cinco depois do ocorrido.

A Figura 15 apresenta o entorno imediato ao aeroporto em 2009, e a Figura 16, em 2019. Observou-se, a partir dessas duas figuras, algumas características que indicam o desenvolvimento do aeroporto e da região. Por exemplo, no aeroporto, o aumento da pista de pouso e decolagem e o aumento do número de terminais de passageiros. No seu entorno, o aumento da área urbanizada e a melhoria da oferta de infraestrutura ligada ao aeroporto, como o número de terminais de transporte e do acesso ao aeroporto pela rodovia LMG-800.

Figura 15 - Área no entorno do Aeroporto de Confins em 2009



Fonte: Google Earth. Acesso em 7 mar. 2022

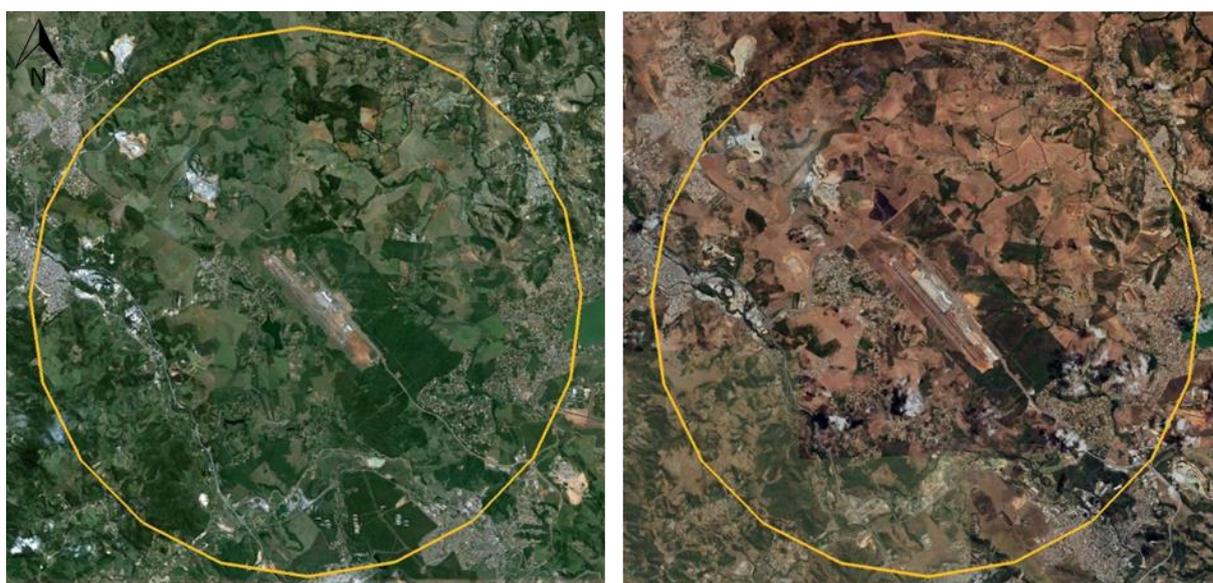
Figura 16 - Área no entorno do Aeroporto de Confins em 2019



Fonte: Google Earth. Acesso em 7 mar. 2022

A partir dessa primeira avaliação, a hipótese é avaliar se o conceito *aerotropolis* pode ser observado nas mudanças dos padrões de uso do solo. Conforme metodologia descrita no seção 3.2.1, os dados de uso do solo foram coletados para uma área de interesse dentro de um raio de 7,5 km a partir do centroide do aeroporto. A Figura 17 apresenta a área de interesse, à esquerda para o ano de 2009 e à direita para o 2019.

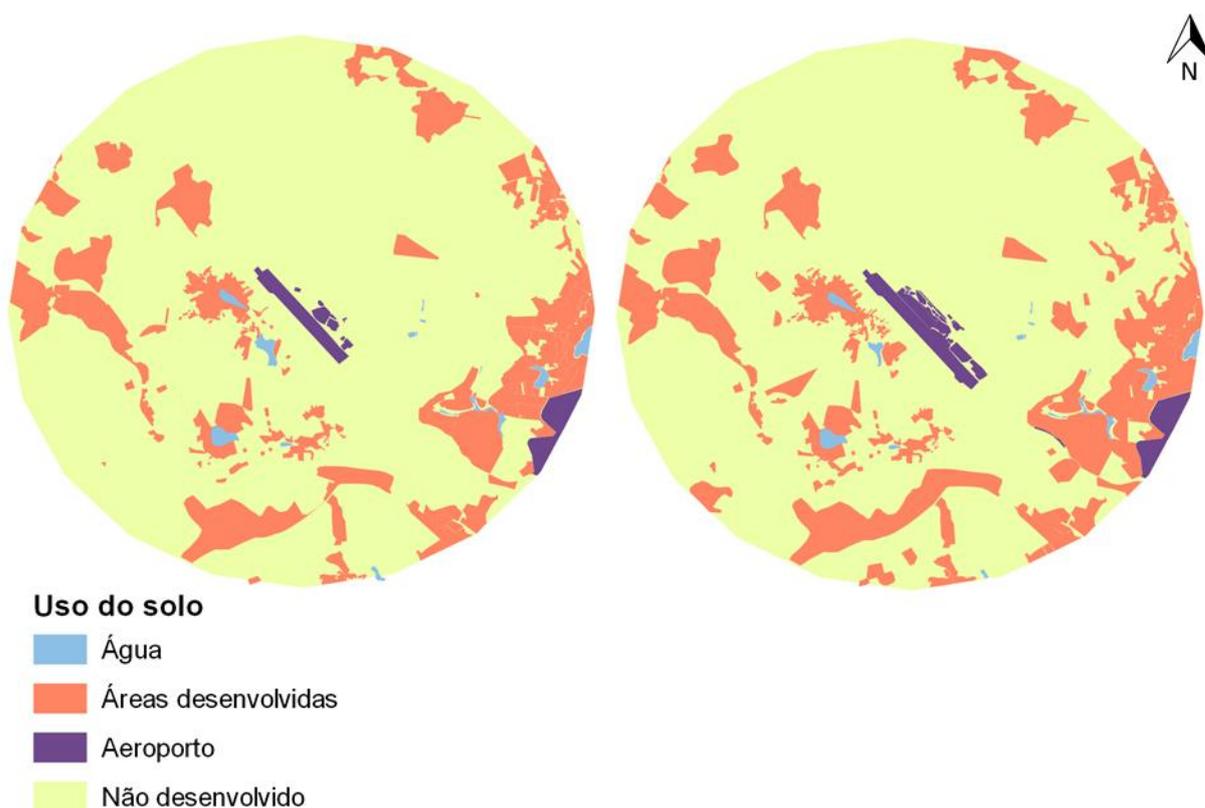
Figura 17 - Área de interesse para o estudo para os anos de 2009 e 2019



Fonte: Google Earth. Acesso em 7 mar. 2022

Após o processo de coleta de dados a partir de imagens de satélite, as informações levantadas foram geoprocessadas no *software* QGIS para obtenção de informações como a área de cada feição, por exemplo. Para a categorização dos tipos de uso do solo, a decisão foi baseada a partir dos resultados obtidos por Kamruzzaman *et al.* (2021) na análise de clusterização, em que indica que a investigação com quatro classes resulta em uma melhor qualidade quando comparada às oito classes utilizadas inicialmente. São, portanto, estabelecidas as quatro classes: (1) áreas desenvolvidas, trata-se de uma combinação de uso comercial, residencial e industrial, (2) terrenos não desenvolvidos, como terras agrícolas e espaços abertos, (3) aeroportos, e (4) corpos d'água. A Figura 18 é o resultado do processo realizado, à esquerda para 2009 e à direita para 2019.

Figura 18 - Uso do solo estimado para 2009 e 2019



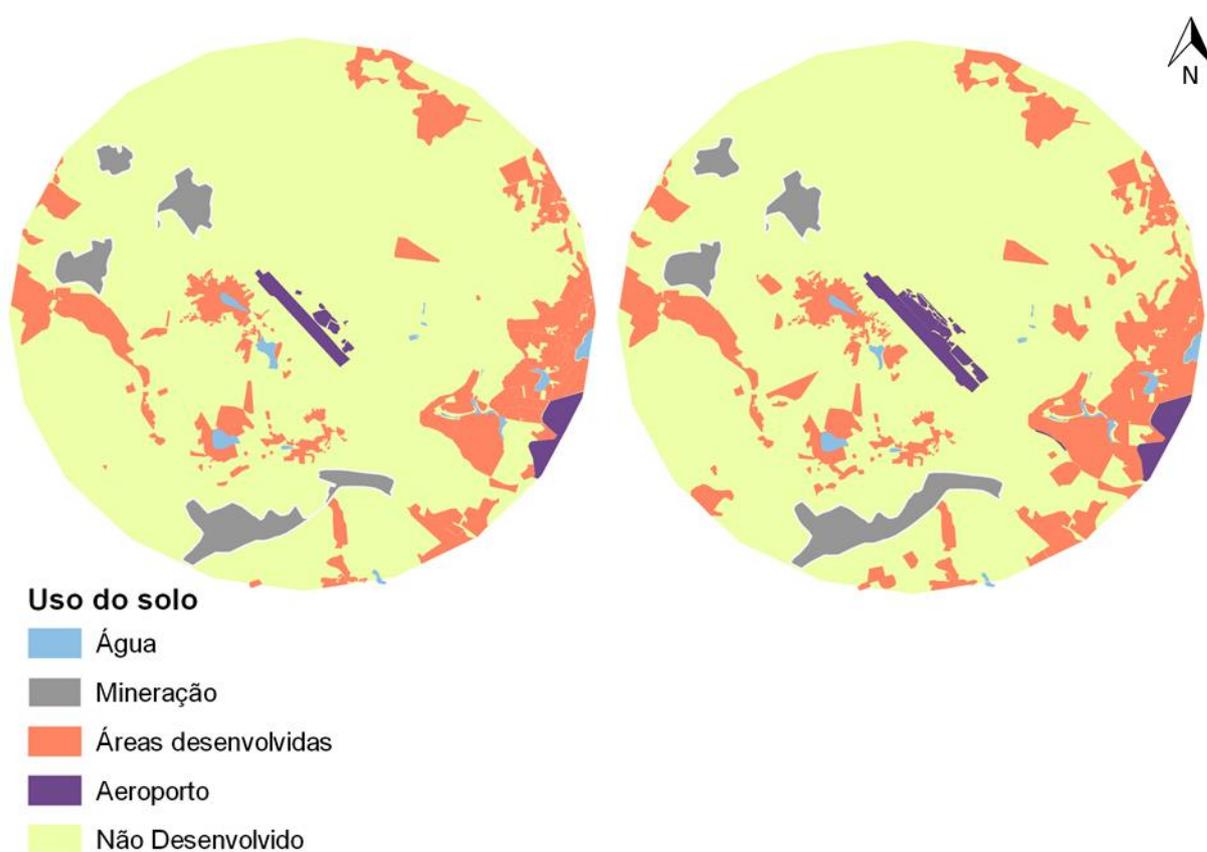
Fonte: Elaborado pela autora

Uma das informações percebidas ao fazer o levantamento do uso do solo na área de interesse é o aumento considerável das atividades de mineração, conforme pode ser observado na Figura 19. A mineração corresponde à uma atividade industrial e, por

isso, as áreas destinadas para essa atividade foram consideradas como áreas desenvolvidas nas análises de uso do solo.

A partir da Figura 18, é possível comparar os anos em estudo e notar que houve um aumento do uso do solo atribuído ao uso aeroportuário, bem como, à área desenvolvida. Os percentuais de cada classe de uso do solo para cada um dos anos estão indicados na Tabela 1.

Figura 19 - Uso do solo estimado para 2009 e 2019, destacando as áreas destinadas à mineração



Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 1 – Tipologia do uso do solo para a área de interesse

Tipologia do uso do solo	Área (km ²)		Percentuais	
	2009	2019	2009	2019
Área construída	31,45	36,46	18,0%	20,9%
Terrenos não desenvolvidos	139,07	133,12	79,8%	76,4%
Aeroporto	2,63	3,66	1,5%	2,1%
Água	1,22	1,07	0,7%	0,6%

Fonte: Elaborado pela autora

Com base nos dados dispostos na Tabela 1 é possível afirmar que o padrão de uso do solo mudou ao longo de dez anos. Esse fato pode ser justificado apoiado nos dados de área urbanizada, que aumentou de 18,0%, em 2009, para 20,9%, em 2019, tanto quanto, na informação de aumento da área ocupada por atividades relacionadas ao aeroporto, que passou de 1,5%, em 2009, para 2,1%, em 2019.

Em Kamruzzaman *et al.* (2021) são analisados 75 aeroportos classificados em três grupos, denominados '*Island airports*', '*Waterfront airports*' e '*Built form airports*'. Os aeroportos de ilha são caracterizados pela maioria dos terrenos desocupados e poucas áreas construídas, já os aeroportos à beira mar são reconhecidos devido à alta proporção de água no seu entorno e níveis moderados de áreas construídas e, por último, os aeroportos de forma construída são identificados principalmente devido à alta densidade de áreas construídas no seu entorno e poucos terrenos vagos. O *cluster* de referência foi o de aeroportos ilha, composto por 35 aeroportos em 2004 e 32 em 2014. Os aeroportos nesse agrupamento eram caracterizados por mais de 24% dos terrenos compostos por áreas construídas e 63% de terras não desenvolvidas. A área dedicada aos usos aeroportuários era inferior a 10%. Os dados estão resumidos na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição do *cluster Island airports* dos aeroportos de referência

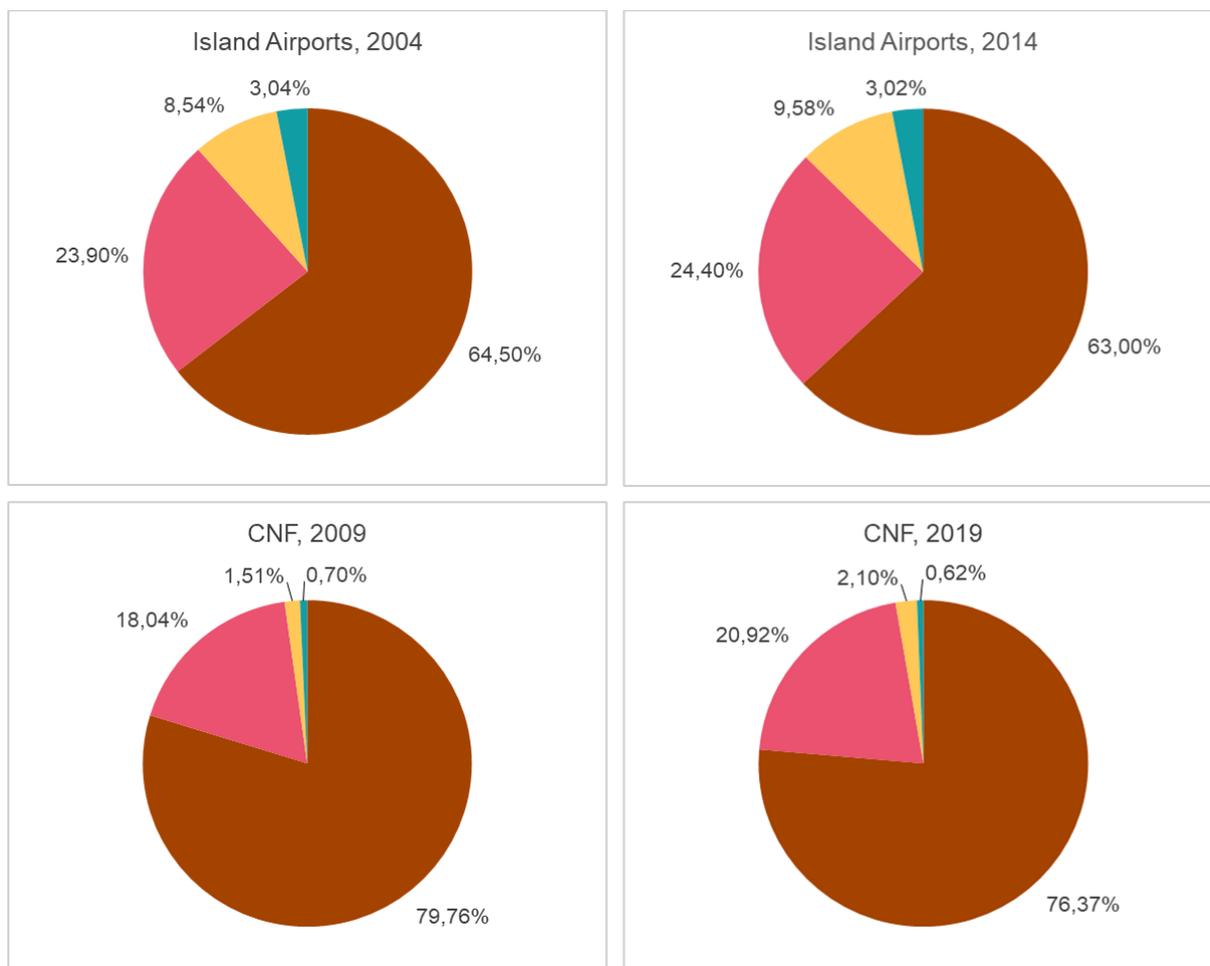
Variáveis de <i>cluster</i> (uso do solo)	2004	2014
Área construída (%)	23,9	24,4
Terrenos não desenvolvidos (%)	64,5	63,0
Uso do aeroporto (%)	8,54	9,58
Água (%)	3,04	3,02

Fonte: Adaptado de Kamruzzaman *et al.* (2021)

Acompanhando à média dos aeroportos agrupados em *Island airports*, conforme Kamruzzaman *et al.* (2021), o Aeroporto Internacional de Belo Horizonte apresenta como característica principal o predomínio de terrenos não desenvolvidos (entre 75% e 80%) e áreas construídas. Apesar do percentual de terrenos não desenvolvidos do aeroporto em estudo ser ligeiramente maior que a média dos aeroportos de referência, é possível estabelecer uma ordem de grandeza semelhante entre os casos e concluir que, apesar da área desenvolvida ter aumentado, ainda não foi o suficiente para mudar de classe e, portanto, o aeroporto em estudo permanece no mesmo *cluster*.

A Figura 20 sintetiza os resultados do artigo de referência e do aeroporto em estudo, evidenciando a similaridade da divisão entre os quatro tipos de uso do solo levantados na análise. Assim, os resultados para o *Island Airport* exprimem a distribuição de maneira equivalente entre a tipologia de referência e os percentuais do aeroporto em estudo, para o qual o maior percentual do tipo de uso do solo está para terrenos não desenvolvidos, seguido pelo percentual de área construída, uso do aeroporto e água.

Figura 20 – Comparação síntese dos percentuais obtidos da metodologia e de CNF para o uso do solo



- Terrenos não desenvolvidos
- Área construída
- Uso aeroportuário
- Água

Fonte: Elaborado pela autora

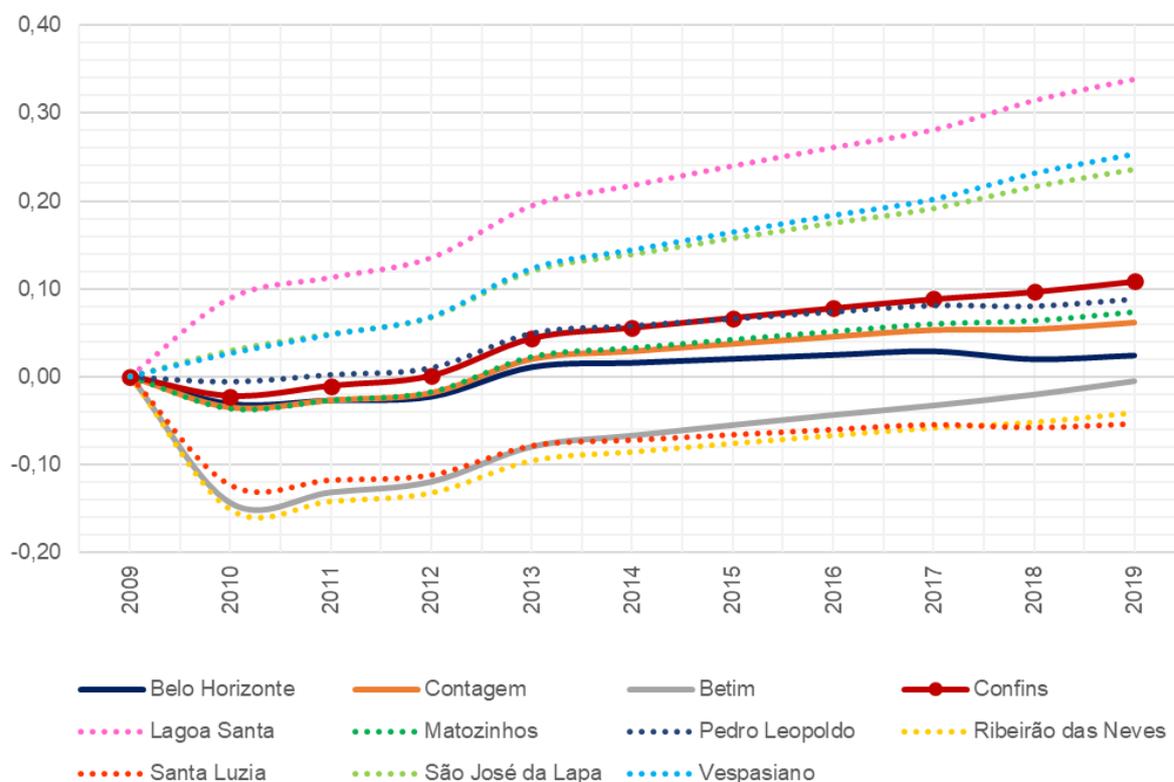
5.2 IDENTIFICANDO OS FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A FORMAÇÃO DE AEROTRÓPOLES

Para atender o segundo objetivo específico e **avaliar se a formação da aerotrópole depende das características socioeconômicas das cidades no seu entorno**, por meio do modelo proposto por Kamruzzaman *et al.* (2021), as informações socioeconômicas foram levantadas e são utilizadas para interpretar melhor o *cluster*. É importante realçar que a autora entende que além dos municípios delimitados na área do Projeto da Aerotrópole Mineira, apresentado na seção 4.1.4, o aeroporto em

estudo também tem relevância na capital mineira, bem como em sua área conurbada, estendendo-se por Contagem e Betim.

A Figura 21 apresenta o gráfico com a taxa de variação da população em relação à 2009 para todos os municípios considerados sob a influência da *aerotropolis*. Em primeira análise, observa-se uma taxa de crescimento no município de Confins, a partir de 2010. Entre 2013 e 2019 há uma tendência linear do crescimento populacional, evidenciando um crescimento consistente nestes anos. Isso pode ser explicado devido aos investimentos e novos empreendimentos na região do aeroporto, porém, ainda não há um expressivo aumento de residentes no município, ou seja, no *airport city*. Por outro lado, Lagoa Santa tem a maior taxa de crescimento populacional entre 2010 e 2019, seguido por Vespasiano e São José da Lapa, indicando que a área da *aerotropolis* está ficando mais populosa.

Figura 21 – Taxas de crescimento populacional em relação a 2009

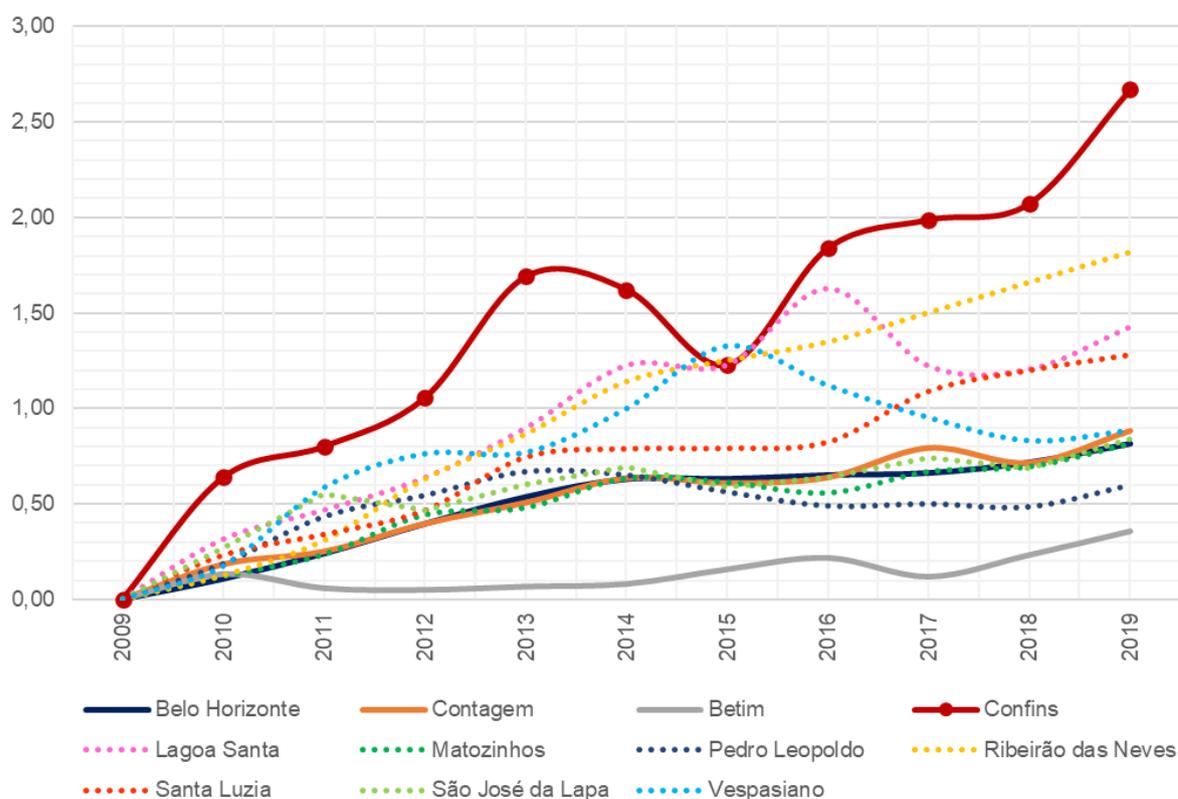


Fonte: Elaborado pela autora a partir de Estimativas de População e Censo Demográfico (IBGE)

Outra forma de avaliar o crescimento de uma região é analisar o comportamento do PIB ao longo do tempo. Isto porque se trata de um indicador de riqueza produzida e,

consequentemente, da evolução econômica de uma cidade. A Figura 22 apresenta a taxa de variação do PIB a preços correntes em relação à 2009. É possível notar que todos os municípios em análise apresentam um comportamento semelhante em relação à taxa de crescimento do PIB. Assim, verifica-se que a taxa é maior que 0,00, indicando que houve aumento do PIB, ou seja, aumento da renda arrecadada. Em especial, para o município de Confins, observa-se ter a maior taxa de crescimento entre todos os analisados ao longo dos anos.

Figura 22 - Taxas de crescimento do PIB a preços corrente em relação à 2009



Fonte: Elaborado pela autora a partir de IBGE

5.2.1 Características contextuais

As características contextuais para o aeroporto em estudo foram organizadas na Tabela 3 para facilitar a comparação com os resultados em Kamruzzaman *et al.* (2021) para *Island Airports*, na Tabela 4. Assim, estão dispostos os dados absolutos de população para os municípios supracitados, para 2009 e 2019, bem como os dados de PIB *per capita* – PIB dividido pela quantidade de população residente no município – e distância entre o aeroporto e as cidades.

Observa-se que o PIB *per capita* de Confins é o maior entre os 11 municípios em estudo para os dois anos, o que pode ser um indicador da importância de CNF, não só para o município em que está localizado, mas para a RMBH como um todo. No entanto, Kamruzzaman *et al.* (2021) utiliza uma média da população da cidade principal mais próxima de cada aeroporto, entre os aeroportos de cada *cluster* ($\bar{X} = \frac{\sum_i^n POP_cidade_Importante_i}{n}$), em que n é o número de aeroportos no *cluster*. No presente estudo, o município considerado mais importante é Belo Horizonte por ser a capital mineira, ter maior número de residentes e PIB entre os municípios analisados.

Tabela 3 – Dados socioeconômicos para 2009 e 2019 da área de influência da *aerotropolis*

Município	População (em milhões)			PIB <i>per capita</i> (US\$) ¹²			Distância em rede (km)
	2009	2019	%Δ	2009	2019	%Δ	
Belo Horizonte	2,45	2,51	2%	10.388	9.250	-11%	40,5
Contagem	0,63	0,66	6%	13.959	10.962	-21%	54,6
Betim	0,44	0,44	-1%	32.201	15.272	-53%	68,9
Confins	0,01	0,01	11%	106.732	46.236	-57%	9,3
Lagoa Santa	0,05	0,06	34%	7.962	6.723	-16%	13,7
Matozinhos	0,04	0,04	7%	8.348	6.902	-17%	22,1
Pedro Leopoldo	0,06	0,06	9%	8.267	5.700	-31%	14,9
Ribeirão das Neves	0,35	0,33	-4%	2.799	3.102	11%	45,2
Santa Luzia	0,23	0,22	-5%	4.394	4.507	3%	28,8
São José da Lapa	0,02	0,02	24%	7.582	5.207	-31%	21,2
Vespasiano	0,10	0,13	25%	6.011	4.696	-22%	14,3

Fonte: Elaborado pela autora a partir de IBGE, AASP e Google Maps

Comparando os valores de Belo Horizonte com a Tabela 4, observa-se a discrepância entre PIB *per capita* dos municípios avaliados na Tabela 3 com o valor de referência, exceto para Confins, no qual a ordem de grandeza em 2019 é próximo ao valor para o *cluster Island Airports*. É válido destacar que, simultaneamente, a população é menor em quase 50%. Outro contraste é quanto à ordem de grandeza da distância entre o aeroporto e a cidade mais importante. Enquanto o Aeroporto Internacional de

¹² O PIB é disponibilizado pelo IBGE em BRL, mas para melhor comparar com os dados de referência, optou-se por utilizar em USD. Para isso, o PIB *per capita*, em BRL, foi dividido pela cotação do dólar do mês de dezembro para cada ano, 2009 ou 2019, conforme disponibilizado <https://www.aasp.org.br/suporte-profissional/indices-economicos/Atualizacao-mensal/dolar/>. Acesso em 22 jun. de 2022.

Belo Horizonte está localizado a 40 km da capital, a média para o *cluster Island Airports* é, em torno, de 23 km, quase o dobro.

Tabela 4 – Média das variáveis contextuais para a tipologia *Island Airports*

Variáveis contextuais	2004	2014	%Δ
PIB <i>per capita</i> (US\$)	36.930	38.928	5%
População da cidade principal mais próxima	5,20	6,50	25%
Distância da cidade principal mais próxima	22,9	23,8	4%

Fonte: Adaptado de Kamruzzaman *et al.* (2021)

As equações apresentadas na metodologia expõem os resultados obtidos do modelo de Regressão Linear Multivariada em Kamruzzaman *et al.* (2021) que resultou em quatro modelos multivariados. Essas equações descrevem o impacto dos padrões do uso do solo ao redor dos aeroportos e das características socioeconômicas na mudança percentual nas quatro categorias de uso do solo (área construída, terrenos não desenvolvidos, uso do aeroporto e água).

A Tabela 5 apresenta os resultados para cada um dos modelos multivariados, um para cada categoria do uso do solo. Os valores encontrados para o item 1, destacado em azul, são os resultados obtidos por meio da avaliação do uso do solo, apresentado na seção 5.1. Os resultados dos demais itens foram encontrados a partir do modelo apresentado acima, considerando em cada item a localização entre Europa, América do Norte e Ásia/Austrália, respectivamente.

Tabela 5 – Resultados para os modelos multivariados

Item	Δ% Área Construída	Δ% Não Desenvolvido	Δ% Aeroportos	Δ% Água
1 Observado	2,88	-3,39	0,59	-0,08
2 Europa	1,78	0,79	-5,88	3,32
3 América do Norte	3,26	-1,75	-5,78	3,39
4 Ásia/Austrália	3,00	-1,50	-4,87	3,39

Fonte: Elaborado pela autora

A partir dos resultados exibidos, conclui-se que os modelos multivariados propostos por Kamruzzaman *et al.* (2021) não explicam bem nenhuma das mudanças percentuais observadas no uso do solo no lado terra do Aeroporto Internacional de Belo Horizonte. No entanto, é possível verificar que a variação percentual da área

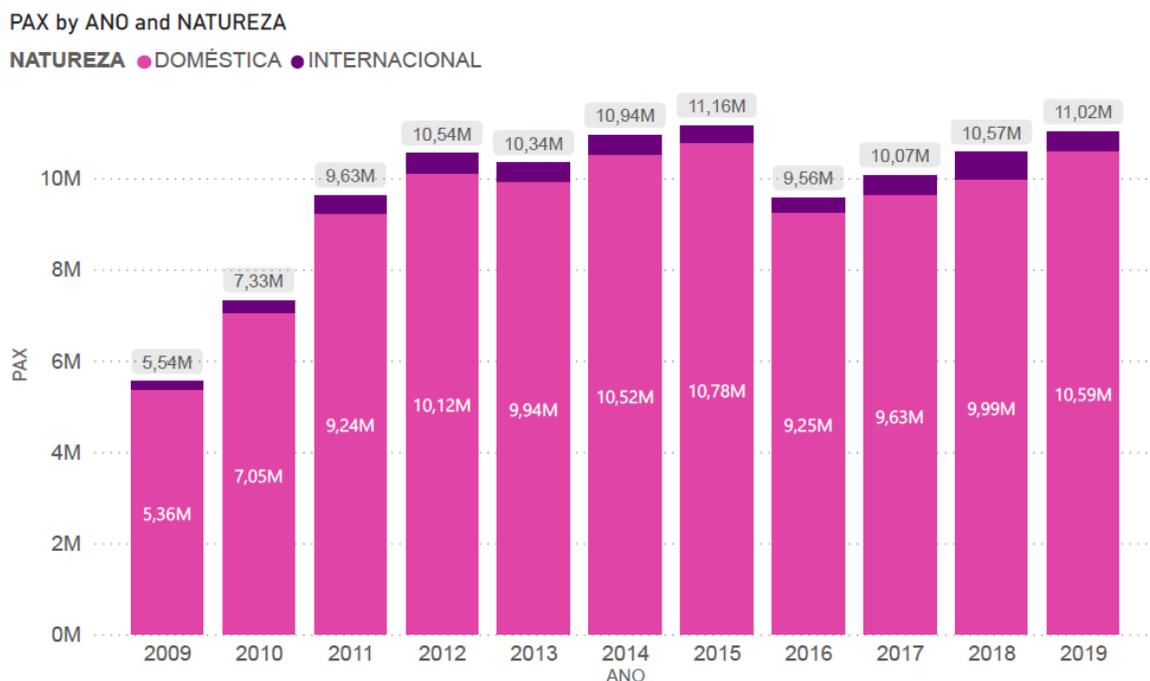
construída é positiva para todas as localizações, sendo a observada maior quando considerada a localização na Europa e menor em relação à América do Norte e Ásia/Austrália. Quanto à variação percentual de áreas não desenvolvidas, tem o mesmo sinal que América do Norte e Ásia/Austrália, mas em menor intensidade. Para os demais percentuais de variação, nem mesmo o sinal é igual, o que demonstra que o modelo é exíguo para esses indicadores. Posto isso, questiona-se se há outros fatores socioeconômicos não considerados, como por exemplo empregos, ou se o desenvolvimento da *aerotropolis* nos aeroportos localizados na América do Sul são, de fato, diferentes das localidades apresentadas.

5.3 OS EFEITOS DO PROCESSO DE FORMAÇÃO DE AEROTRÓPOLES NA PRODUTIVIDADE DOS AEROPORTOS

Para atender ao terceiro objetivo específico, **comparar as relações entre uso do solo e a produtividade dos aeroportos e verificar se a formação da aerotropolis aumenta a produtividade do aeroporto**, são verificados os dados de produtividade disponibilizados pela ANAC entre os anos do estudo. Kamruzzaman *et al.* (2021) avalia se o percentual de mudança de áreas construídas é uma variável exógena ou possui um soslaio de endogeneidade na produtividade do aeroporto a partir do teste de Wu-Hausman e Durbin. Ambos os testes rejeitam a hipótese nula de que percentual de mudança de áreas construídas é uma variável exógena e, por lógica, confirma a presença de endogeneidade (KAMRUZZAMAN *et al.*, 2021). Para avaliar o caso do Aeroporto Internacional de Belo Horizonte, é realizado uma comparação entre os percentuais obtidos por meio dos dados disponibilizados pela ANAC e do resultado do modelo geral proposto por Kamruzzaman *et al.* (2021).

A Figura 23 apresenta os dados de movimentação de passageiros com origem ou destino no Aeroporto Internacional de Belo Horizonte, classificados de acordo com a sua natureza, disposto em doméstica ou internacional. Observa-se que a principal natureza da operação de passageiros trata-se de voos domésticos, evidenciando a importância de ligação da RMBH à outras regiões do país. A Figura 24 evidencia que a operação de cargas apresenta traço similar, apesar de ter um percentual maior para movimentação de cargas internacionais, quando comparado com a movimentação internacional de passageiros.

Figura 23 - Movimentação de passageiros com embarque ou desembarque em SBCF



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados estatísticos da ANAC

Figura 24 - Movimentação de cargas com origem ou destino em SBCF



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados estatísticos da ANAC

Para incorporar ao modelo proposto por Kamruzzaman *et al.* (2021), os dados de movimentação de passageiros e cargas foram organizados para corresponder à

Unidade de Carga de Trabalho (UCT) na Tabela 6. É válido lembrar que uma UCT corresponde a um passageiro ou a 100 kg de carga.

Tabela 6 – Dados das variáveis de produtividade e UCT para o SNCF

Variáveis de Produtividade	2009	2019	Taxa de mudança
Passageiros (milhões)	5,54	11,02	98,9%
Cargas (100 kg) (milhões)	0,17	0,36	116,4%
UCT (milhões)	5,71	11,38	99,4%

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados estatísticos da ANAC

Em conformidade com a Tabela 1, entre 2009 e 2019, o percentual de área construída do aeroporto aumentou de 18,0% para 20,9%, um crescimento de 2,9% em 10 anos. No mesmo período, o aeroporto ganhou 99,4% de produtividade (aumento da UCT). Para comparar, os dados de produtividade para tipologia *Island* estão na Tabela 7.

Tabela 7 - Dados das variáveis de produtividade e UCT para a tipologia *Island Airports*

Variáveis de Produtividade	2004	2014	Taxa de mudança
Passageiros (milhões)	23,00	33,90	47,4%
Cargas (100 kg) (milhões)	5,76	7,13	23,8%
UCT (milhões)	28,70	41,00	42,9%

Fonte: Adaptado de Kamruzzaman *et al.* (2021)

Apesar do aumento percentual considerável da UCT no Aeroporto Internacional de Belo Horizonte entre 2009 e 2019, é evidente que os valores são modestos quando comparados com o da tipologia *Island*. O que indica que a produtividade ainda não está em patamares comparáveis com os aeroportos em estudo.

A equação (5) foi obtida por meio da análise de regressão realizada por Kamruzzaman *et al.* (2021). A equação sugere que o aumento de 1% nas áreas construídas no entorno dos aeroportos aumenta sua produtividade em 11,7%.

Substituindo os valores de cada uma das variáveis, encontra-se os resultados apresentados na Tabela 8 para % Δ UCT. Constata-se que, da mesma forma que as regressões apresentadas na seção 5.2 não explicam completamente nenhuma das mudanças percentuais observadas no uso do solo, o modelo obtido acima também não é capaz de explicar totalmente o aumento da produtividade a partir do uso do solo. Isto pois, apesar do aumento percentual das áreas desenvolvidas indicar

aumento da produtividade, o que acontece no modelo observado, quando utilizadas as variáveis socioeconômicas e de percentual de mudança de áreas desenvolvidas como variáveis explicativas no modelo isso não ocorre, embora em módulo a diferença percentual calculada e observada estarem próximas, em ordem de grandeza. O resultado da diferença percentual negativo pode ser explicado pelo valor da constante e pelos coeficientes de localização global (Europa, América do Norte e Ásia/Austrália).

Tabela 8 - Efeitos do processo de formação da *aerotropolis* sobre a produtividade do aeroporto

Item	%Δ UCT
Observada	99,4
Europa	-76,7
América do Norte	-139,2
Ásia/Austrália	-84,0

Fonte: Elaborado pela autora

Outra ponderação sobre o modelo é que não há relevância estatística significativa para população e PIB. Em outras palavras, uma mudança de 1% na população, aumenta sua produtividade em 0,46%, para o aumento de 1% no PIB, esse ganho de produtividade aumenta 0.60%.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As novas relações globais induzem uma maior participação dos aeroportos na economia e, por isso, o setor de transporte aéreo tem recebido altos investimentos, como foi o caso do Aeroporto Internacional de Belo Horizonte, com o projeto Aerotrópole Mineira e com a concessão. Haja vista a importância do aeroporto para o desenvolvimento regional, buscou-se avaliar o conceito de *aerotropolis* por meio da análise do desenvolvimento do lado terra do aeroporto, comparando-se dois momentos, 2009 e 2019, antes e depois da concessão. Para isso, foram propostos três objetivos específicos, estudados por meio da replicação da metodologia proposta por Kamruzzaman *et al.* (2021).

O primeiro objetivo consistiu em identificar os padrões de uso do solo ao redor do aeroporto e avaliar se esses padrões mudaram ao longo tempo, refletindo a formação da *aerotropolis*. Para isso, foram coletadas e geoprocessadas informações sobre quatro classes de uso do solo para cada um dos anos de estudo: aeroporto, áreas desenvolvidas, água e não desenvolvido. Os percentuais de 2009 e 2019 foram comparados e observou-se o crescimento do percentual de áreas desenvolvidas e dedicadas ao aeroporto, o que pode indicar desenvolvimento do lado terra do aeroporto. Quando comparado os percentuais de uso do solo do aeroporto com a tipologia *Island*, proposta por Kamruzzaman *et al.* (2021), valida-se o desempenho, indicando que o Aeroporto Internacional de Belo Horizonte se comporta de forma compatível com a referida tipologia nos dois anos analisados.

O segundo objetivo buscou avaliar se a formação da *aerotropolis* depende das características socioeconômicas das cidades no seu entorno, por meio de quatro modelos multivariados. Para isso, investigou o comportamento do crescimento populacional e do PIB para os municípios dentro da área definida no projeto Aerotrópole Mineira e, também, para outros três municípios da RMBH, considerados importantes: Belo Horizonte, Contagem e Betim. Constata-se que houve crescimento dessas duas variáveis para o período analisado em relação ao ano base, indicando que há evolução econômica nos municípios analisados. Posteriormente, as variações percentuais foram substituídas nos modelos multivariados, chegando a resultados parcialmente explicativos, o que indica alguma lacuna no modelo proposto por Kamruzzaman *et al.* (2021) para explicar o aeroporto em estudo.

Por fim, o terceiro objetivo buscou comparar as relações entre uso do solo e a produtividade dos aeroportos e verificar se a formação da *aerotropolis* aumenta a produtividade do aeroporto. Para isso, foram observadas as variáveis de produtividade do aeroporto (CNF), movimentação de passageiros e carga, de acordo com a sua natureza, doméstica ou internacional. Nota-se que há predomínio de operações domésticas, indicando a importância deste aeroporto no contexto nacional e regional.

Em seguida, recorrendo ao modelo proposto Kamruzzaman *et al.* (2021), procurou-se encontrar a relação entre a diferença percentual das áreas construídas e a diferença percentual da unidade de carga de trabalho. Este modelo retornou um resultado insatisfatório uma vez que era esperado que, com o aumento percentual de áreas desenvolvidas, a diferença percentual de UCT fosse positiva. O resultado, embora próximo ao valor observado em módulo, reverbera a necessidade de outros estudos com o propósito de replicar a metodologia para aeroportos da América Latina e/ou Brasil e encontrar coeficientes mais elucidativos para essa região.

Embora a metodologia não descreva completamente o comportamento observado, ela apresenta reprodutibilidade parcial dos dados, indicando que ela pode ser aplicada para a análise do desenvolvimento da *aerotropolis* por meio do estudo do uso do solo. Para a reprodução mais fiel dos resultados observados, a metodologia deverá ser refinada para compreender os aeroportos da América Latina e/ou Brasil. Sendo assim, indica-se a necessidade de realizar outros estudos com a intenção de encontrar coeficientes que melhor descrevam o comportamento dos aeroportos nessa região, elucidando melhor o desempenho observado. Outros estudos possíveis seriam no sentido de testar outras variáveis explicativas como o número de pessoas empregadas, densidade populacional, população economicamente ativa e nível de emprego, o que não foi objetivo deste trabalho.

Em síntese, os indicadores analisados apontam para o desenvolvimento no lado terra do Aeroporto de Confins. O primeiro ponto diz respeito ao aumento do percentual do uso do solo correspondente às áreas desenvolvidas, em torno de 2%. Outro parâmetro interessante, foi o crescimento das taxas de variação de indicadores socioeconômicos, população e PIB, para os municípios que compõem a área de interesse do projeto Aerótrópole Mineira. Por fim, observa-se um percentual positivo de variação da UCT em 99,4%, indicando um aumento expressivo nas atividades aeroportuárias. Essa

melhoria pode ser explicada pelos investimentos no Vetor Norte e pela concessão, evidenciando a importância de investimentos na infraestrutura para o desenvolvimento de um polo, em consonância com Graham (2003). Por conseguinte, sugere-se mais estudos com o objetivo de avaliar como novos investimentos de infraestrutura no Vetor Norte podem corroborar para o aumento do desenvolvimento do aeroporto e do lado terra do aeroporto.

REFERÊNCIAS

ANAC. **Dados Estatísticos do Transporte Aéreo**. Gerência de Acompanhamento de Mercado. Brasília. 2022.

APPOLD, S. J.; KASARDA, J. D. The Airport City Phenomenon: Evidence from Large US Airports. **Urban Studies**, v. 50, n. 6, p. 1239-1259, 2013.

ARMBH. Governo celebra mais uma empresa no Aeroporto Industrial de Minas Gerais. **Site da Agência de Desenvolvimento da RMBH**, 11 nov. 2020. Disponível em: <http://www.agenciarmbh.mg.gov.br/governo-celebra-mais-uma-empresa-no-aeroporto-industrial-de-minas-gerais/>. Acesso em: 07 jun. 2022.

ARMBH. Primeira empresa do Aeroporto Industrial dá início a processo de instalação. **Site da Agência de Desenvolvimento da RMBH**, 2020. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/primeira-empresa-do-aeroporto-industrial-da-inicio-a-processo-de-instalacao>. Acesso em: 07 jun. 2022.

BAKER, D.; MAHMOOD, M. N. Developing tools to support complex infrastructure decision-making. **Smart and Sustainable Built Environment**, 1, n. 1, 2012. 59-72.

BAKER, D.; MERKERT, R.; KAMRUZZAMAN, M. Regional aviation and economic growth: cointegration and causality. **Journal of Transport Geography**, v. 43, p. 140-150, 2015.

BARRETO, S. J. M. **Crescimento x desenvolvimento econômico: um estudo comparativo entre o período do milagre econômico e o governo Lula**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2012.

BARROS, J. D.; MONTEIRO, M. D. A.; CRUZ, A. G. A localização espacial na lógica dialética: uma análise da produção do aço Brasil. **Cadernos CEPEC**, Belém, 7, n. 6, Junho 2018.

BASTOS, S. Q. D. A. **Disritmia Espaço-Tempo: Análise das Estratégias de Desenvolvimento adotadas em Juiz de Fora (MG), pós anos 70**. IPPUR/UFRJ. Rio de Janeiro, p. 134. 2004.

BH-AIRPORT. Projeto de expansão. **bh-airport.com.br**. Disponível em: <<https://site.bh-airport.com.br/SitePages/pt/bh-airport/expansao.aspx>>. Acesso em: 26 Jun 2022.

BLANTON, W. On the airfront. **Planning**, v. 70, n. 5, 2004.

BRANCO, L. F. **Aeroportos e desenvolvimento urbano e regional: modelos internacionais e exemplos locais na macrometrópole paulista**. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, p. 314. 2013.

BRASIL. **Lei Complementar nº 14, de 8 de Junho de 1973**. Presidência da República. Brasília. 1973.

BRASIL. **Instrução Normativa SRF nº 241, de 6 de dezembro de 2002**. Receita Federal. Brasília. 2002.

BRASIL. **Instrução de Aviação Civil - IAC 001-1001A**. Ministério da Defesa. Departamento de Aviação Civil. Brasília. 2005.

BRASIL. **Decreto nº 7.168, de 5 de Maio de 2010**. Presidência da República. Brasília. 2010.

BRASIL. **Política Nacional de Transportes: Caderno das Estratégias Governamentais**. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Brasília. 2018.

CABRAL, D. D. C. Hinterlândia urbana de abastecimento madeireiro nos trópicos pré-industriais: uma discussão a partir de Von Thünen e Boserup. **ANPUH – XXV Simpósio Nacional de História**, Fortaleza, 2009.

CAMPOS, V. B. G.; MELO, B. P. Estratégias integradas de transporte e uso do solo visando a redução de viagens por automóvel. **CONGRESSO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO**, v. 15, p. 1-8, 2015.

CAMPOS, V. B. G.; RAMOS, R. A. R. **Proposta de indicadores de mobilidade urbana sustentável relacionando transporte e uso do solo**. Anais do PLURIS 2005: atas do Congresso Luso Brasileiro para o Plajenamento Urbano Regional Integrado Sustentável. São Carlos, SP, Brasil: [s.n.]. 2005.

CARMO, J. J. D.; SILVA, J.; BALTAZAR, M. E. The concept of aerotropolis applied to a medium-sized city and its airport. **VII RIDITA - air transportation sustainability: technological, operational, economic, social and environmental strategies**, Covilhã, Portugal, v. 1, n. VII RIDITA, p. 257-268, 2019.

CEDEPLAR. **Macrozoneamento RMBH: Produto 2 - Avaliação das tendências recentes da dinâmica territorial da RMBH e identificação preliminar das zonas de interesse**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2014.

CH2M HILL. **Master Plan Econômico RMBH. SEDE**. [S.l.]. 2014.

CIDELL, J. The role of major infrastructure in subregional economic development: an empirical study of airports and cities. **Journal of Economic Geography**, v. 15, n. 6, p. 1125-1144, 2015.

CONWAY, H. M. **The airport city: development concepts for the 21st century**. [S.l.]: Conway Data, 1980.

DURKHEIM, É. **Da divisão social do trabalho**. 2ª. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Manual de análise de dados**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

FONSECA, J. J. S. **Apostila de metodologia da pesquisa científica**. Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza. 2002.

FONTELLES, M. J. et al. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Revista paraense de medicina**, v. 23, n. 3, p. 1-8, 2009.

FREESTONE, R.; BAKER, D. Spatial Planning Models of Airport-Driven Urban Development. **Journal of Planning Literature**, 26, n. 3, 2011. 263-279.

GOLDENSTEIN, L.; SEABRA, M. Divisão territorial do trabalho e nova regionalização. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 1, p. 21-47, 1982.

GRAHAM, A. **Managing Airports: An International**. 4. ed. Nova York: Routledge, 2003.

GÜLLER, M.; GÜLLER, M. **From airport to airport city**. Barcelona: Barcelona Regional, 2003.

INFRAERO. **Anuário Estatístico Operacional de 2013**. INFRAERO. Brasília. 2014.

JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. 3ª. ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2011.

KAMRUZZAMAN, M. et al. Changes in land use typology of global airports: An empirical investigation with implications for the aerotropolis concept. **Journal of Transport Geography**, v. 97, 2021. ISSN 0966-6923.

KASARDA, J. D. **Airport Cities and the Aerotropolis**, 2006. Disponível em: <http://aerotropolis.com/airportcity/wp-content/uploads/2018/10/2006_07_AirportCitiesAndTheAerotropolis-1.pdf>. Acesso em: 27 maio 2022.

KASARDA, J. D. About the Aerotropolis. **aerotropolis.com**. Disponível em: <<https://aerotropolis.com/airportcity/index.php/about/>>. Acesso em: 24 jun. 2022.

LIMA, A. C. D. C.; SIMÕES, R. F. Teorias clássicas do desenvolvimento regional e suas implicações de política econômica: o caso do Brasil. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, Salvador, v. 12, n. 21, 2010.

LOPES, A. S. Globalização e Desenvolvimento Regional. **Gestão e Desenvolvimento**, v. 11, p. 9-25, 2002.

MACIEL, C. F. **As aerotropolis e a reestruturação do território metropolitano: o caso do Aeroporto Internacional de Viracopos – Campinas (VCP)**. PUC-Campinas. Campinas, p. 320. 2018.

MANKIW, N. G. **Macroeconomía**. 8. ed. Barcelona: Antoni Bosch editor, S.A., 2014. ISBN 978-84-95348-94-4.

MARCHIORO, L. W.; GUBERT, D.; GUBERT, V. A Teoria dos Polos de Crescimento e Desenvolvimento de Perroux, e a Implantação na Zona Franca de Manaus na Região Norte do Brasil. **Revista De Estudos Sociais**, Cuiabá, 16, n. 31, 2014.

MARX, K. **O Capital**: crítica da economia política: Livro I: O processo de produção do capital. Tradução de Rubens Enderle. 2^a. ed. São Paulo: Boitempo, v. I, 2017. ISBN 978-85-7559-548-0.

MATOS, G. M. S. D. **O Modelo de von Thünen: Um Aplicativo Computacional**. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2005.

MATTEI, T. F.; MATTEI, T. S. Métodos de Análise Regional: um estudo de localização e especialização para a Região Sul do Brasil. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, v. 38, n. 133, p. 227-243, jul./dez. 2017.

MINAS GERAIS. **Lei nº 13.449 de 10 de janeiro de 2000**. Governo do Estado. Belo Horizonte. 2000.

MINAS GERAIS. **PDDI**: Definição das Propostas de Políticas Setoriais, Projetos e Investimentos Prioritários. [S.l.]: [s.n.], v. 1, 2011.

MINAS GERAIS. Mapa conheça os municípios. **Agência de Desenvolvimento da RMBH**, 2020. Disponível em: <<http://www.agenciarmbh.mg.gov.br/mapa-conheca-os-municipios/>>. Acesso em: 21 maio 2022.

MINAS GERAIS. PDDI e Macrozoneamento. **Agência de Desenvolvimento da RMBH**. Disponível em: <<http://www.agenciarmbh.mg.gov.br/pddi-macrozoneamento/>>. Acesso em: 27 abr. 2022.

MINAS GERAIS. Sobre o PDDI-RMBH. **Agência de Desenvolvimento da RMBH**. Disponível em: <<http://www.agenciarmbh.mg.gov.br/pddi/>>. Acesso em: 04 maio 2022.

MONASTERIO, L.; CAVALCANTE, L. R. Fundamentos do pensamento econômico regional. In: IPEA **Economia regional e urbana**: teorias e métodos com ênfase no Brasil. Brasília: Ipea, 2011. Cap. 2, p. 406. ISBN 978-85-7811-110-6.

PENEDA, M. J. A.; REIS, V. D.; MACÁRIO, M. D. R. M. R. Critical Factors for Development of Airport Cities. **Transportation research record**, v. 2214, n. 1, p. 1-9, 1 Janeiro 2011.

PERCOCO, M. Airport Activity and Local Development: Evidence from Italy. **Urban Studies**, v. 47, n. 11, p. 2427-2443, 2010.

PEREIRA, P. H. M. **Do Aeroporto à Aerotrópole e o território do Aeroporto Internacional de Viracopos**. Universidade de Brasília. Brasília, p. 163. 2014.

RICARDO, D. **Princípios de Economia Política e Tributação**. 1ª. ed. [S.l.]: Lebooks Editora, 2018. 240 p. ISBN 9788583862253.

SANTOS, D. A.; DRUMOND, C. E. I.; GOMES, A. D. S. Crescimento econômico e gasto em infraestrutura de transporte no Brasil: uma análise para os estados brasileiros no período 1985 a 2015. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 50, n. 4, p. 31-45, 2019.

SASSEN, S. **As diferentes especializações das cidades globais**. Imprensa Oficial. São Paulo, p. 4-6. 2008.

SCHAAFSMA, M. From airport city to airport corridor. **Proceedings of 1st International Colloquium on Airports and Spatial Development**, Karlsruhe, p. 173-180, 2010. ISSN 978-3-86644-506-2.

SILVA, J. T. M. Desenvolvimento econômico e modelo aeroportuário. In: TADEU, H. F. B., et al. **Logística aeroportuária: análises setoriais e o modelo de cidades-aeroportos**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. A pesquisa científica. In: _____ **Metódos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Cap. 2, p. 33-44.

SINGER, P. **Economia Política da Urbanização**. 4. ed. São Paulo: Brasiliense, 1977.

SINGER, P. **Urbanização e desenvolvimento**. 1ª. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2017.

SMITH, . **A riqueza das nações**. Brasil: Nova Fronteira, 2017. 672 p. ISBN 9788520941393.

SONAGLIO, C. M.; BRAGA, M. J.; CAMPOS, A. C. Investimento público e privado no brasil: evidências dos efeitos crowding-in e crowding-out no período 1995-2006. **Revista EconomiA**, v. 11, n. 2, p. 383-401, 2010.

SONNENBURG, F.; BRAUN, B. Impact of airports on spatial patterns of metropolitan employment: the case of Australia. **Erdkunde**, v. 71, n. 4, p. 287-300, 2017. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/26380281>>. Acesso em: 22 Junho 2022.

UFMG. **Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PDDI-RMBH)**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2011.

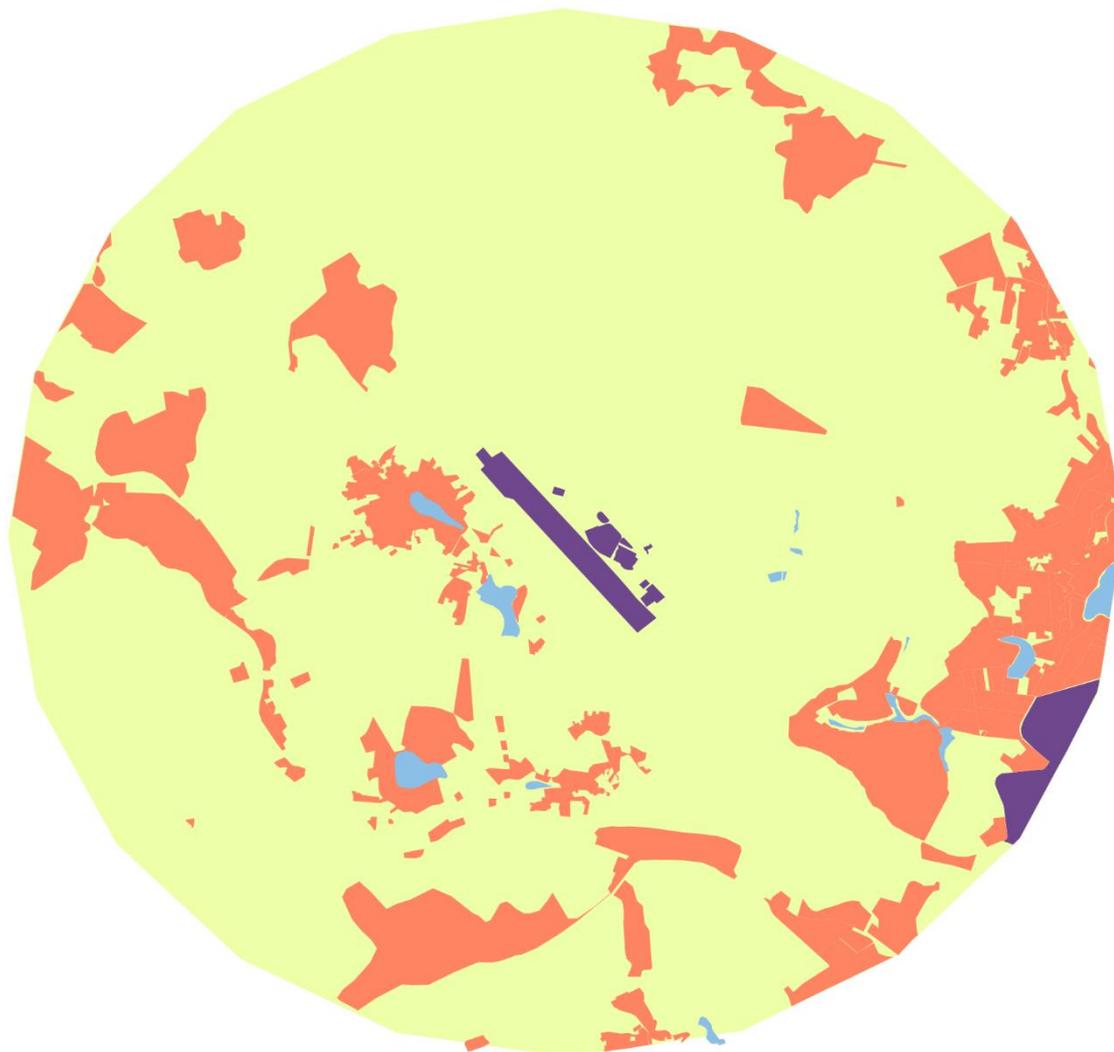
VASCONCELOS, L. F. S. **O aeroporto como integrante de um projeto de desenvolvimento regional: a experiência brasileira**. Universidade de Brasília. Brasília. 2007.

VIEIRA, E. T.; SANTOS, M. J. D. Desenvolvimento econômico regional-uma revisão histórica e teórica. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, 8, n. 2, 2012. 344-369.

YIGITCANLAR, T. et al. Understanding the conditions for the emergence of airport knowledge precincts: a framework for research. **REAL CORP 008: Mobility Nodes as Innovation Hubs**, Viena, p. 465-475, 2008. ISSN 978-39502139-4-2.

APÊNDICE

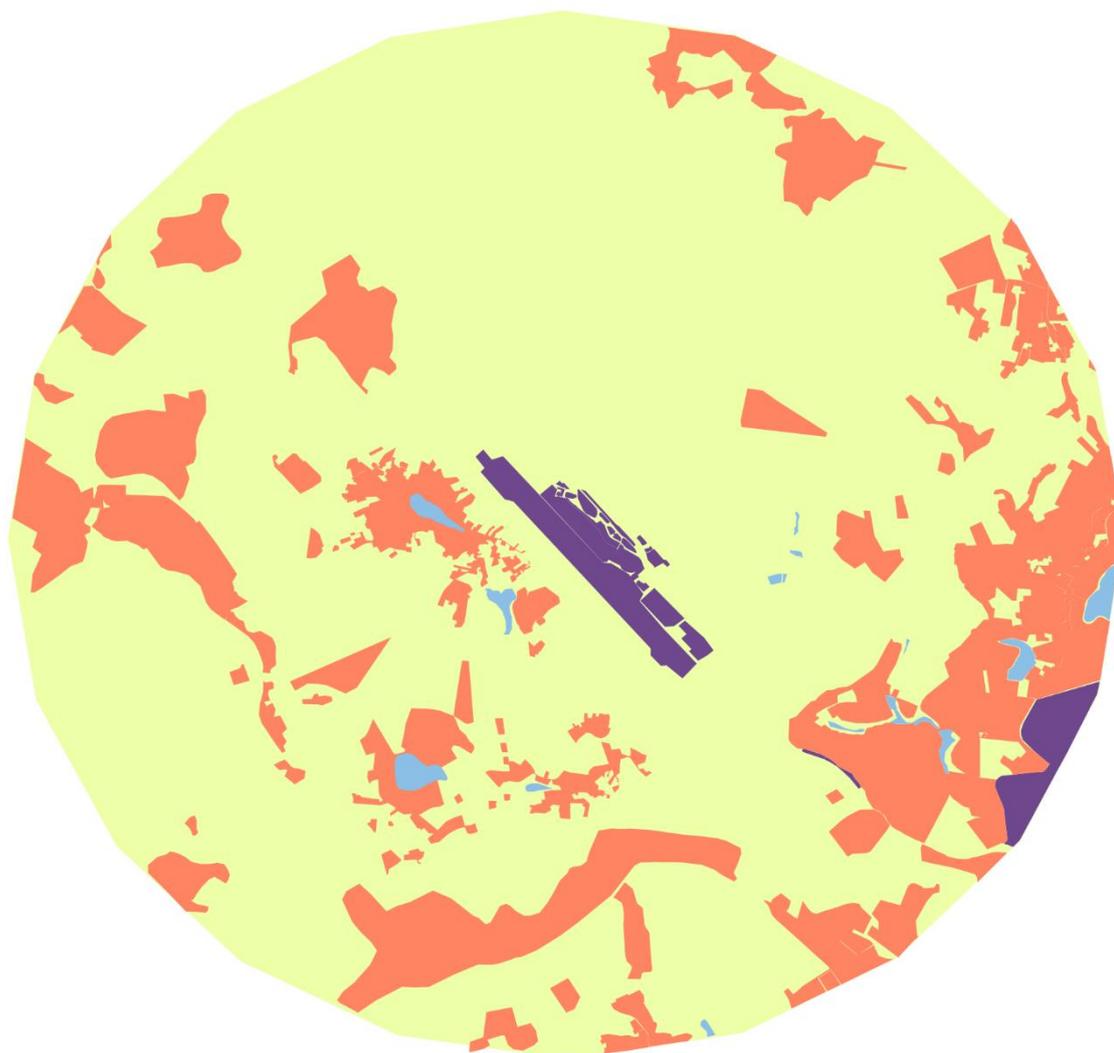
APÊNDICE A – Uso do solo estimado para 2009 (elaborado pela autora)



Uso do solo - 2009

- Água
- Áreas desenvolvidas
- Aeroporto
- Não Desenvolvido

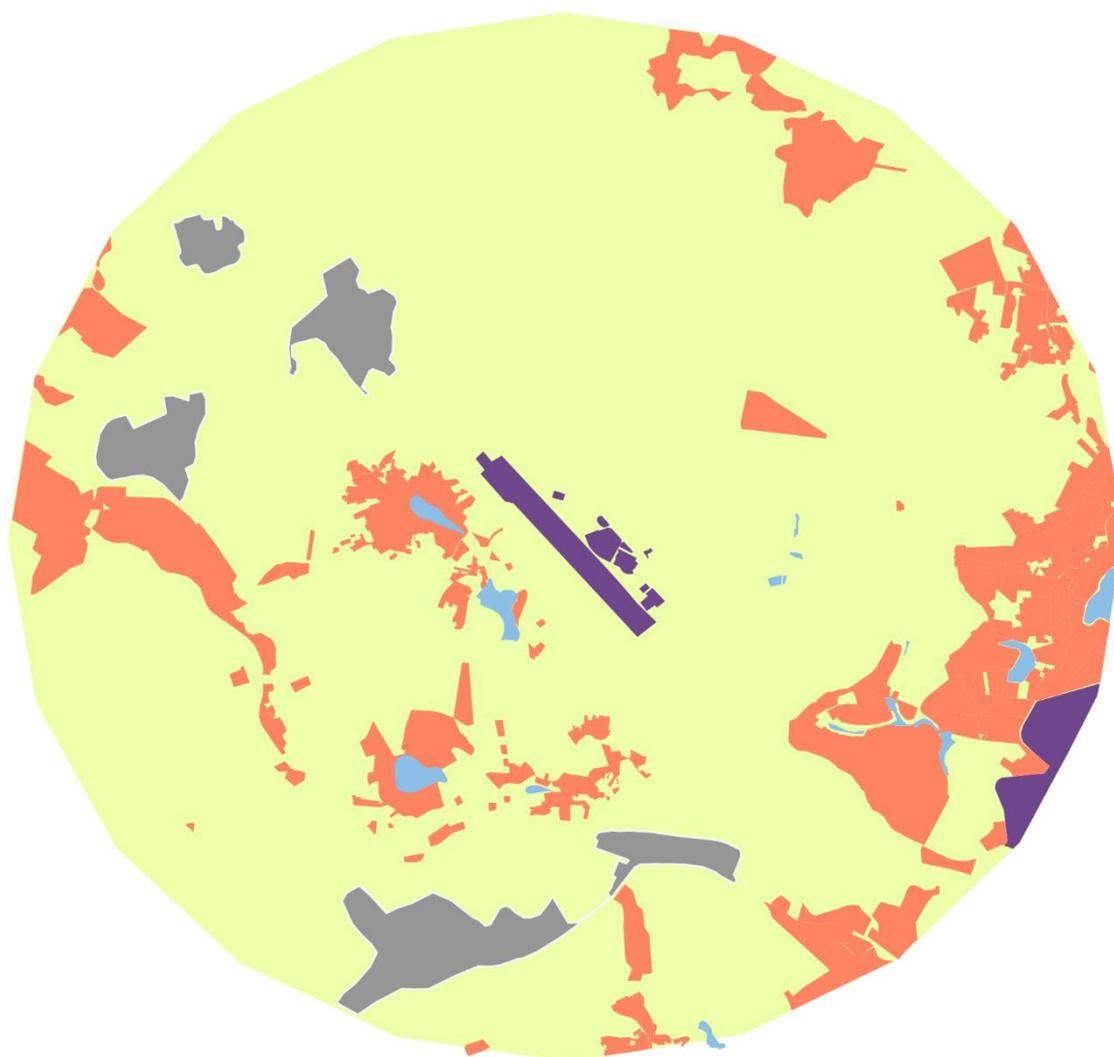
APÊNDICE B – Uso do solo estimado para 2019 (elaborado pela autora)



Uso do solo - 2019

-  Água
-  Áreas desenvolvidas
-  Aeroporto
-  Não Desenvolvido

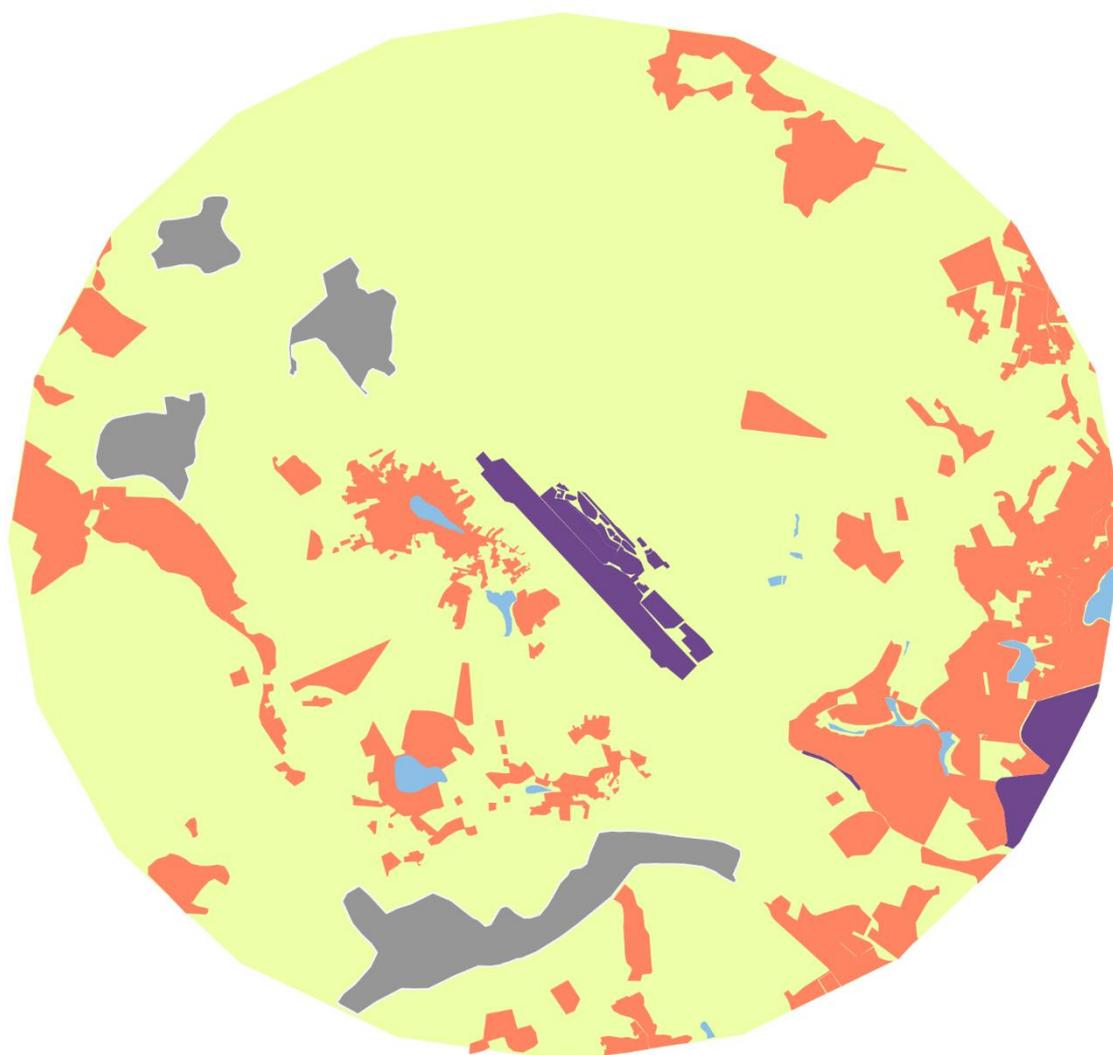
APÊNDICE C – Uso do solo estimado para 2009, destacando as áreas destinadas à mineração (elaborado pela autora)



Uso do solo - 2019

- Água
- Mineração
- Urbanizado
- Aeroporto
- Não Desenvolvido

APÊNDICE D – Uso do solo estimado para 2019, destacando as áreas destinadas à mineração (elaborado pela autora)



Uso do solo - 2019

Água

Mineração

Urbanizado

Aeroporto

Não Desenvolvido