

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**ADRIANO PINTO DE FREITAS**

**ANÁLISE ECONOMÉTRICA DA DEMANDA DE PASSAGEIROS EM  
ROTAS AÉREAS REGIONAIS COMERCIAIS NO BRASIL**

Bagé  
2016

**ADRIANO PINTO DE FREITAS**

**ANÁLISE ECONOMETRICA DA DEMANDA DE PASSAGEIROS EM  
ROTAS AÉREAS REGIONAIS COMERCIAIS NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Xavier Guterres

Bagé  
2016

**ADRIANO PINTO DE FREITAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovada em 05 de Dezembro de 2016.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Marcelo Xavier Guterres (Orientador)  
UNIPAMPA- CAMPUS BAGÉ

---

Prof. Ivonir Petrarca dos Santos  
UNIPAMPA- CAMPUS BAGÉ

---

Prof. Eduardo Mauch Palmeira  
Instituto de Desenvolvimento Educacional Alto Uruguai (IDEAU) - CAMPUS BAGÉ

*À vida;*  
*À Alana, minha inspiração;*  
*À meus pais e irmão, minhas raízes.*

# Agradecimentos

Gostaria de agradecer em primeiro lugar ao meu orientador, Professor Marcelo Xavier Guterres por sua incansável motivação de me encorajar a explorar temáticas desconhecidas, seu apoio e seus ensinamentos foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também, à Universidade Federal do Pampa por toda infraestrutura disponibilizada. Aos amigos que fiz nestes anos de graduação, que suavizaram os desafios desta tarefa. E finalmente tenho também uma dívida de gratidão com a minha família, pelo suporte e incentivo diário.

*“A alegria que se tem em pensar e  
aprender faz-nos pensar e  
aprender ainda mais.  
(Aristóteles)*

# Resumo

O setor de transporte aéreo é considerado de relevância estratégica, tanto por governistas quanto por analistas setoriais, em âmbito nacional e internacional. Cabe destacar, que esta afirmação descreve a importância do setor no Brasil de maneira ímpar, devido as dimensões continentais de suas terras, sendo o transporte de pessoas crucial no processo de descentralização do desenvolvimento do país. Desta maneira, ao constatar esta necessidade de instalar rotas aéreas que interliguem as diferentes regiões do país, os operadores de transporte aéreo necessitam avaliar a viabilidade financeira e operacional de implementar estas linhas aéreas regionais. Nesse sentido, faz-se necessário desenvolver sistemáticas relacionadas a análise do potencial da demanda de passageiros nestas regiões. Ressaltando ainda que, a acuracidade no processo de predição de demanda em transporte aéreo, é um elemento chave para a manutenção das operações dos diversos atores envolvidos neste mercado, devido este apresentar características de alta competitividade. No entanto, na literatura nacional são escassos os estudos que objetivam avaliar a demanda por viagens aéreas em rotas domésticas regionais. O presente estudo busca contribuir com o planejamento dos diversos atores envolvidos na indústria do transporte aéreo, ao propor uma sistemática de avaliação do potencial da demanda em rotas aéreas regionais de municípios desconectados da malha aérea nacional, por intermédio da proposição de modelos econométricos. Os modelos serão obtidos por intermédio dos dados de passageiros de rotas aéreas regionais do ano de 2013 de 71 municípios brasileiros. O modelo gerado neste estudo pode contribuir com múltiplas áreas da aviação, como exemplo a determinação da frequência em uma rota aérea, e principalmente com a previsão da demanda potencial de passageiros para eventuais novos aeroportos e novas rotas aéreas.

**Palavras-chaves:** Transporte aéreo Regional, Previsão da demanda, Modelos de Regressão.

# Abstract

The airline industry is considered of strategic importance, both by government and by industry analysts, at national and international level. It is worth mentioning that this statement, fits the reality of the brazilian air transportation market, due the continental dimensions of the country lands. So transporting people is essential to decentralize brazilian development. Therefore, air transport operators noting the requirement for air routes that connect different regions of the country, need to assess economically and operationally the feasibility of implementing these regional airlines. Wherefore, it is necessary evolving a potential demand forecasting systematics on this regions. Also pointing, that accuracy in estimating air transport demand is a key element for the survival of the companies in this highly competitive market. But on the other hand, there is just a few number of studies with this scope in the national literature. This study seeks to contribute to the planning of the various actors involved in the air transport industry by proposing a evaluation system for the potential demand for regional air routes, athwart the proposal of econometric models. Airline passenger data of 2013 out of 71 served cities in Brasil are used to establish the model. The estimation model can be utilized in many areas of aviation industry, such as determining flight frequency on a route, forecasting the size of air passenger traffic for potential new airports or potential new routes. **Key-words:**

Regional Air Transportation. Demand Forecasting. Regression Models.



# Lista de ilustrações

Figura 1 – Crescimento percentual anual - PAX vs POP . . . . .	19
Figura 2 – Mapa dos aeroportos públicos no Brasil. . . . .	20
Figura 3 – Futura infraestrutura de aeroportos do programa Aviação Regional. . . . .	20
Figura 4 – Volume de passageiros transportados por ano no Brasil. . . . .	22
Figura 5 – Geração de demanda por transporte aéreo regional nos diferentes mercados brasileiros. . . . .	24
Figura 6 – Evolução do número de localidades atendidas por transporte aéreo regional. . . . .	25
Figura 7 – Percentual de voos por empresa em 2014 . . . . .	26
Figura 8 – Exemplo de evolução dos resíduos . . . . .	38
Figura 9 – Exemplo de padrão de autocorrelação positivo, padrão sistemático nas perturbações. . . . .	39
Figura 10 – Exemplo de ausência de padrão de autocorrelação, erros aparentemente aleatórios. . . . .	39
Figura 11 – Histograma dos resíduos da regressão . . . . .	40
Figura 12 – QQ-plots para resíduos padronizados numa distribuição t . . . . .	40
Figura 13 – Fluxo Metodológico . . . . .	42
Figura 14 – Esquematização do procedimento de execução da pesquisa. . . . .	43
Figura 15 – Fluxo do método econométrico . . . . .	45
Figura 16 – Mapa das Rotas abordadas na pesquisa. . . . .	48
Figura 17 – Resumo estatístico da variável dependente . . . . .	49
Figura 18 – Resumo estatístico da variável independente DIST_R . . . . .	50
Figura 19 – Resumo estatístico da variável independente DIST_C . . . . .	50
Figura 20 – Resumo estatístico da variável independente TEMPO_C . . . . .	51
Figura 21 – Resumo estatístico da variável independente POP_polo . . . . .	52
Figura 22 – Resumo estatístico da variável independente POP_int . . . . .	52
Figura 23 – Resumo estatístico da variável independente PIB_total . . . . .	53
Figura 24 – Resumo estatístico da variável independente PIB_percapita . . . . .	54
Figura 25 – Resumo estatístico da variável independente Yield . . . . .	54
Figura 26 – Resumo estatístico da variável independente TARIFA . . . . .	55
Figura 27 – Resumo estatístico da variável independente RENDA_percapita2010 . . . . .	56
Figura 28 – Resumo estatístico da variável independente RM18_2010 . . . . .	57
Figura 29 – Resumo estatístico da variável independente IDHM_interior2010 . . . . .	58
Figura 30 – Resumo estatístico da variável independente IDHM_renda2010 . . . . .	59
Figura 31 – Resumo estatístico da variável independente ESTUDOS_anos2010 . . . . .	60

Figura 32 – Gráfico de dispersão dos Resíduos vs $l\_PAX\_total$ . . . . .	67
Figura 33 – Gráfico de dispersão dos Resíduos vs $l\_PAX\_total$ Modelo Final . . .	68
Figura 34 – Gráfico de dispersão dos Resíduos vs $l\_PAX\_total$ Modelo Final . . .	68

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Métodos previsão da demanda por transportes . . . . .	27
Tabela 2 – Natureza das variáveis mais frequentes na literatura. . . . .	30
Tabela 3 – Ranqueamento de relevância estatística das variáveis. . . . .	61
Tabela 4 – Modelos de Regressão - Método <i>Backward</i> . . . . .	62
Tabela 5 – Modelos de Regressão - Método <i>Backward</i> . . . . .	63
Tabela 6 – Modelos de Regressão - Método <i>Backward</i> . . . . .	64
Tabela 7 – Modelo Mono-log . . . . .	66
Tabela 8 – Teste de White Modelo Mono-log . . . . .	66
Tabela 9 – Modelo Log-Log Final . . . . .	67
Tabela 10 – Teste de White Modelo Mono-log . . . . .	68
Tabela 11 – Rotas dos polos da região Sul. . . . .	74
Tabela 12 – Rotas dos polos da região Centro-Oeste. . . . .	75
Tabela 13 – Rotas dos polos da região Sudeste. . . . .	76
Tabela 14 – Rotas dos polos da Região Nordeste. . . . .	80

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1	Problema da pesquisa	15
1.2	Objetivo Geral	15
1.2.1	Objetivos Específicos	16
1.3	Justificativa	16
1.4	Delimitação do Tema	16
1.5	Estrutura do Trabalho	16
<b>2</b>	<b>TRANSPORTE AÉREO NO BRASIL</b>	<b>18</b>
2.1	Transporte aéreo de passageiros no Brasil	21
2.2	Transporte aéreo regional de passageiros	23
2.3	Perspectiva histórica do transporte aéreo regional	24
<b>3</b>	<b>ANÁLISE DE DEMANDA POR TRANSPORTE</b>	<b>27</b>
3.1	Determinantes da demanda por transporte aéreo	28
<b>4</b>	<b>MODELAGEM ECONOMETRICA</b>	<b>31</b>
4.1	Modelos de Regressão Linear	31
4.1.1	Regressão Linear Simples	31
4.1.2	Regressão Linear Múltipla	32
4.2	Estimativa dos parâmetros do Modelo de regressão	34
4.2.1	Método dos mínimos quadrados ordinários	34
4.3	Avaliação dos parâmetros $\beta$ obtidos nos modelos de regressão	35
4.3.1	Avaliação do modelo pelo coeficiente de Determinação $R^2$	35
4.3.2	Matriz de variância-covariância de $\hat{\beta}$	36
4.3.3	Inferência estatística sobre os estimadores	36
4.4	Análise dos resíduos do modelo de regressão	37
4.4.1	Análise de Autocorrelação	37
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>42</b>
5.1	Revisão de literatura	43
5.2	Seleção da amostra de municípios	44
5.3	Estruturação e manipulação do banco de dados	44
5.4	Especificação do modelos, estimação e testes dos resultados	45
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>47</b>

6.1	Definição do período de análise . . . . .	47
6.2	Definição da amostra de municípios . . . . .	47
6.3	Variáveis tratadas . . . . .	48
6.3.1	Variável dependente . . . . .	48
6.3.2	Variáveis independente . . . . .	49
6.4	Modelagem . . . . .	60
7	CONCLUSÃO . . . . .	70
	REFERÊNCIAS . . . . .	72
A	ROTAS DOS POLOS DA REGIÃO SUL . . . . .	74
B	ROTAS DOS POLOS DA REGIÃO CENTRO-OESTE . . . . .	75
C	ROTAS DOS POLOS DA REGIÃO SUDESTE . . . . .	76
D	ROTAS DOS POLOS DA REGIÃO NORDESTE . . . . .	80

# 1 Introdução

O setor de transporte aéreo brasileiro é considerado de relevância estratégica, tanto por governistas quanto por analistas setoriais. Dentre outros dados, essa afirmação pode ser comprovada por intermédio do crescimento médio anual do setor, que entre 2005 e 2014 foi de 11,3%, três vezes maior que o crescimento do PIB no mesmo período (ANAC, 2014).

Outra questão chave proveniente deste setor, é a necessidade de integrar e desenvolver todas as regiões do território nacional. Dadas as dimensões continentais de suas terras, o transporte de carga e passageiros é crucial no processo de descentralização do desenvolvimento do país (SALGADO; VASSALLO; OLIVEIRA, 2010). Entretanto ainda existe uma demanda reprimida por transporte de passageiros no Brasil, em pesquisa realizada pela Secretaria de Aviação Civil da Presidência da República no ano de 2014, foi visualizado a necessidade de ligações aéreas em 149 municípios, que possuem demanda capaz de preencher 85% de capacidade de uma aeronave com voos 7 dias na semana (SAC, 2014).

Decorrente do fenômeno de crescimento da demanda que ocorre no setor, fica evidente a necessidade de investir na infraestrutura aeroportuária nacional. A busca por encurtar a distância de acesso do consumidor aos aeroportos, exigiu a criação do Programa de Aviação Regional que pretende regionalizar a aviação civil brasileira. A meta deste programa é possibilitar que 95% dos brasileiros tenham acesso a um aeroporto a menos de 100 km de suas casas. Por consequência, emerge a necessidade de mensurar e prever a demanda destes futuros terminais e das rotas que os conectaram a malha aérea nacional.

No que diz respeito a demanda pelos variados modais de transporte, Kanafani (1983) ressalta que esta é proveniente da interação entre as atividades sociais e econômicas dispersas no espaço. Não obstante, a aviação regional, que busca fazer conexões regulares, curtas ou longas, entre pequenas e médias comunidades e grandes cidades, tem enraizado nas variáveis socioeconomias as informações que possibilitam de alguma maneira prever a demanda potencial de passageiros.

Ademais, ao constatar a necessidade de instalar rotas aéreas que interliguem as diferentes regiões do país, as empresas de transporte aéreo necessitam avaliar a viabilidade financeira e operacional de implementar ou não implantar estas linhas aéreas regionais. Nesse sentido, faz-se necessário desenvolver sistemáticas relacionadas a análise do potencial da demanda de passageiros nestas regiões, incluindo as variáveis relevantes e analisando os diversos cenários de evolução possíveis. Assim, permitindo avaliar de maneira mais fundamentada esta questão, a fim de balizar a alocação de investimentos no setor.

Ressaltando ainda que, a acuracidade no processo de predição de demanda em transporte aéreo, é um elemento chave para a manutenção das operações dos diversos atores envolvidos neste mercado, devido este apresentar características de alta competitividade. No entanto, na literatura nacional são escassos os estudos que objetivam avaliar a demanda por viagens aéreas em rotas domésticas regionais.

Pelo exposto, a presente pesquisa visa expor um estudo de análise econométrica para o transporte aéreo regional comercial no Brasil. Para tal, modelos de regressão são obtidos afim de avaliar quais variáveis exercem maior influencia na demanda por este serviço e testes de aderência realizados para avaliar a robustez dos modelos. Definidos os modelos, são realizadas previsões de demanda por transporte aéreo regional para cidades não atendidas.

## 1.1 Problema da pesquisa

A implantação de uma rota aérea regional exige dos diversos atores envolvidos neste processo o despendimento de uma quantidade considerável de insumos. Ao exigir esse dispêndio, o risco envolvido nessa operação fica evidente. Predizer a demanda no setor de transporte aéreo é essencial, pois permite que fabricantes de aviões, aeroportos e companhias aéreas, projetem suas estratégias de médio e longo prazo, possibilitando um atendimento otimizado das necessidades do consumidor e do consumo de recursos.

Ao apresentar este problema, pretende-se neste trabalho responder as seguintes questões:

*“Quais são as variáveis relevantes no processo de decisão para o estabelecimento de uma nova linha aérea de aviação regional, e quanto numericamente estas variáveis influenciam na demanda por passageiros deste serviço?”*

No busca pela resposta deste questionamento, este trabalho utilizará modelos econométricos baseados na forma funcional  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ . Desta maneira, a demanda representada pela variável  $Y$ , busca ser explicada por este conjunto de variáveis  $X_i$ , que são as variáveis objetivo deste trabalho. Sendo assim, a associação entre o conjunto  $X_i$  e a variável  $Y$ , se dará por modelos de regressão. Sendo que, os modelos resultantes podem contribuir com múltiplas aéreas da indústria de aviação.

## 1.2 Objetivo Geral

Ao apresentar o problema da pesquisa na seção anterior, este trabalho tem o seu objetivo centrado em contribuir com o planejamento dos diversos atores envolvidos na indústria do transporte aéreo, ao propor uma sistemática de avaliação do potencial da demanda em rotas aéreas regionais de municípios desconectados da malha aérea nacional, por intermédio da proposição de modelos econométricos.

### 1.2.1 Objetivos Específicos

Para atender o objetivo geral da pesquisa, verificou-se a necessidade de realizar uma série de objetivos intermediários. São estes:

1. Caracterizar o setor de transporte aéreo regional de passageiros no Brasil.
2. Estruturar um banco de dados, com séries históricas das variáveis eleitas como explicativas do volume de passageiros de transporte aéreo, dos municípios que já possuem rotas aéreas regionais estabelecidas no Brasil, exceto da região Norte.
3. Estimar o volume de passageiros transportados nas rotas aéreas regionais previamente estabelecidas.

## 1.3 Justificativa

Este trabalho é relevante dada a importância do setor em análise que impacta direta e indiretamente o desenvolvimento das diversas regiões do país. Também é importante ressaltar a expectativa de crescimento que envolve o mesmo nos próximos anos. De maneira prática espera-se contribuir com a indústria do transporte aéreo, mais especificamente com o transporte aéreo regional de passageiros, para que os recursos e esforços a serem aplicados neste mercado, possam estar solidamente apoiados em metodologias quantitativas científicas aumentando a acuracidade destes investimentos.

Academicamente, é pertinente destacar a inexpressiva abordagem da metodologia proposta na literatura nacional, portanto a pesquisa possui um viés inovativo neste sentido. Cabe salientar, que mesmo após concluído este trabalho a expectativa é que este seja propulsor para novas investigações do mercado de transporte aéreo de regional.

## 1.4 Delimitação do Tema

Este estudo limita-se a investigar dados da aviação regional comercial brasileira. Avaliando, dentro os dados levantados, quais são de relevância para a previsão da demanda de passageiros. A avaliação se dará no âmbito da econometria.

A construção da série histórica das variáveis do banco de dados, ficará limitada ao ano 2013, a amostra de municípios perfazer 194 rotas regionais já estabelecidas neste ano, exceto os municípios da região Norte do país.

## 1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está organizado da seguinte maneira. No capítulo 2 são apresentados dados e afirmações que demonstram a magnitude do setor de transporte aéreo no



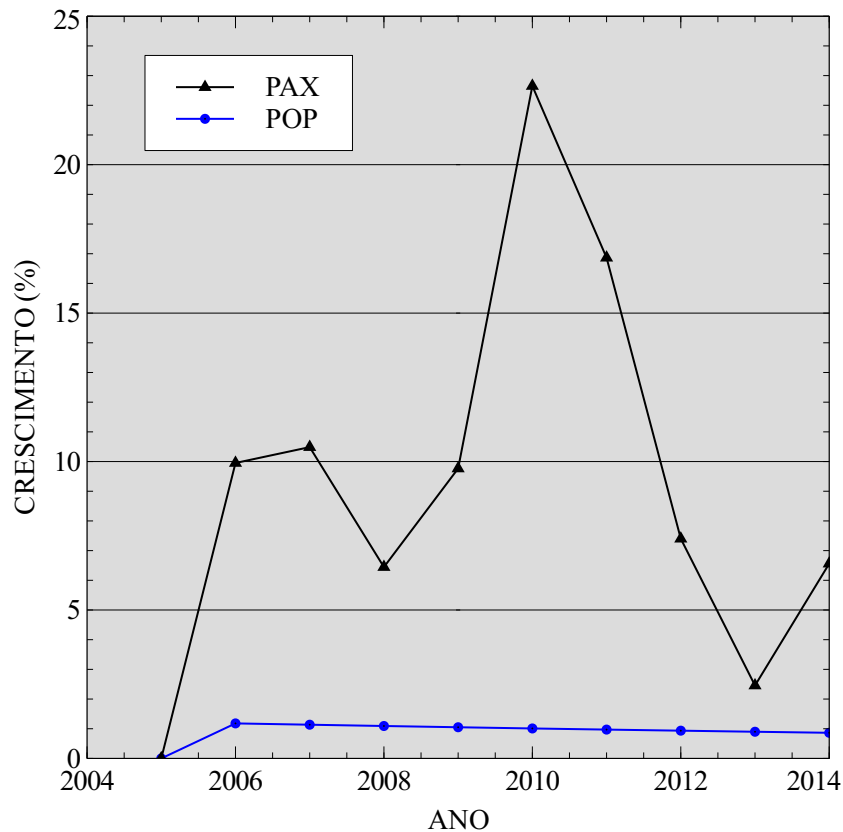
Brasil, e também uma revisão bibliográfica das características e perspectiva histórica das rotas aéreas regionais do país. No capítulo 3 é feita uma revisão bibliográfica da análise da demanda por transportes, e paralelamente dos determinantes que influenciam na demanda por transporte aéreo. O capítulo 4, trata de revisar a literatura de aplicação dos modelos econométricos. No capítulo 5 está abordado o fluxo metodológico do trabalho e uma representação da sistemática de desenvolvimento desta pesquisa. E finalmente, no capítulo 6 e 7 são apresentados os resultados, discutidos e suas conclusões.

## 2 Transporte Aéreo no Brasil

O Brasil é um país com dimensões continentais, o seu território está distribuído em 8.456.510 km<sup>2</sup>, sendo assim o quinto maior do mundo em dimensões de terras. Esta característica, associada a deficiências de infraestrutura de outros modais, como ferroviário e rodoviário situa o setor de transporte aéreo como agente fundamental na indução do desenvolvimento e na integração das diversas regiões do país. Sua relevância além de atingir diretamente os negócios inter-regionais das empresas, é essencial como elo de distribuição na cadeia de suprimentos de diversas áreas da economia. Este setor também é impactante na questão dos fluxos culturais e de turismo, tanto nacional quanto internacionalmente.

Alguns fatores nos últimos anos tem impactado o transporte aéreo, fazendo com que tenha uma expansão acelerada da demanda. Alterações de políticas regulamentares e institucionais, somadas a evolução tecnológica do setor e a redução das tarifas fizeram com que o número de passageiros transportados crescesse entre 2005 e 2014 em média 10,29% ao ano, em quanto a população no mesmo período cresceu em média 1,02% ao ano, conforme dados no Fig. 1, onde PAX é o número de passageiros transportados e POP é a população do país.

Figura 1 – Crescimento percentual anual - PAX vs POP



Fonte: Adaptado de IBGE e [ANAC \(2014\)](#)

Outro dado que demonstra a expansão da indústria do transporte aéreo, se deve ao fato de que desde 2010, conforme destaca o Anuário de Transporte Aéreo do ano de 2014 ([ANAC, 2014](#)) o avião tem sido o principal meio de transporte utilizado pelos passageiros nas viagens interestaduais com distâncias superiores a 75 km, em comparativo realizado com o modal rodoviário. Há uma década, a participação do transporte aéreo neste mercado era de 34,8%, contra 65,2% do rodoviário. Em 2014, o modal aéreo ampliou a sua participação e alcançou 63,0% .

Porém na contramão do aquecimento da demanda, a infraestrutura aeroportuária nacional não acompanhou o crescimento e se tornou pequena. Como destacado no estudo de [Grasselli \(2007\)](#) o comparativo pode ser feito com os Estados Unidos , que é o país que possui o setor aéreo mais desenvolvido do mundo, o Brasil possui 26 aeroportos públicos por milhão de km<sup>2</sup> contra os 59 dos Estados Unidos. Complementando esta análise [Grasselli \(2007\)](#) destacou também que a infraestrutura existente é pouco utilizada pela aviação comercial que em 2006 ofereceu voos regulares em somente 128 dos 218 aeroportos públicos brasileiros, o que pode ser visualizado na Fig. 2. Com relação as políticas governamentais do setor, apesar de terem evoluído nos últimos anos, ainda é possível modernizar o complexo sistema regulatório para instrumentar de maneira mais dinâmica o transporte aéreo nacional.

Figura 2 – Mapa dos aeroportos públicos no Brasil.



Fonte: (GRASSELLI, 2007)

Como resposta a esta necessidade de infraestrutura e desenvolvimento do setor aeroportuário, o governo federal lançou em 2012 um programa nacional de fomento a aviação regional. Este, programa tem por objetivo expandir, com novos aeroportos e ativação de aeroportos não utilizados, o número de terminais aptos à receber voos regulares de 80 para 270. Ao atingir esta meta, o país vai passar a dotar o uma rede de aeroportos regionais capaz de garantir que 96% da população brasileira esteja a 100 quilômetros ou menos de um aeroporto com condições de operar voos regulares. A futura rede de aeroportos é apresentada na Fig. 3.

Figura 3 – Futura infraestrutura de aeroportos do programa Aviação Regional.



Fonte: Secretaria de Aviação Civil da Presidência da República (SAC-PR).

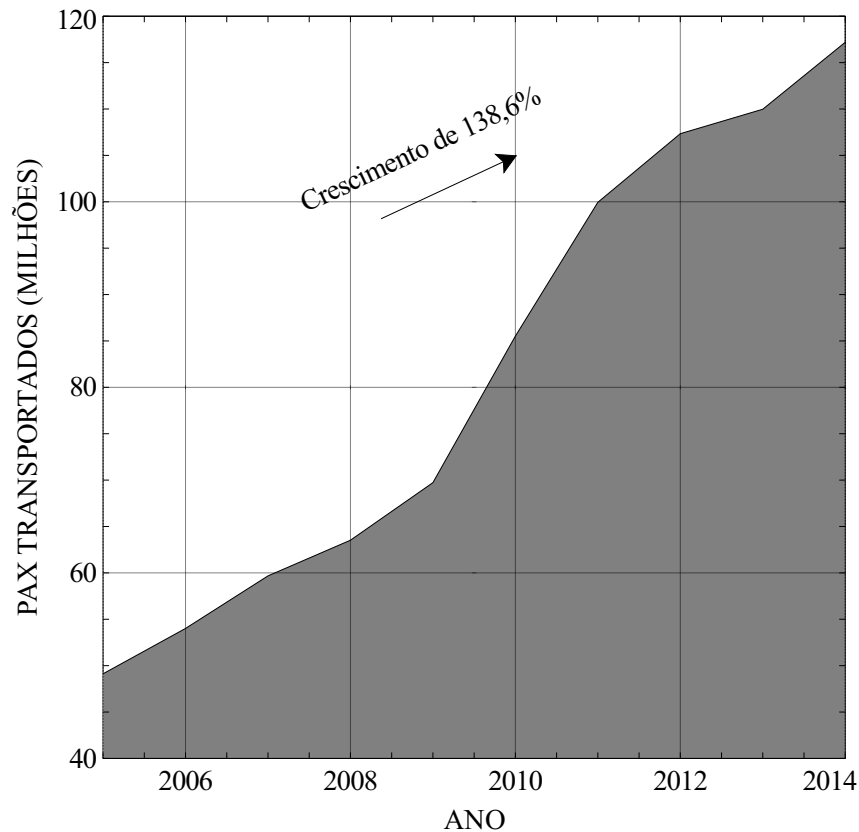
Fica claro que uma das questões relacionadas com essa deficiência de infraestrutura aeroportuária no Brasil, leva em conta que de maneira contrária ao que é visualizado em outros países, onde o setor conta com investimentos privados [Walsh \(2007\)](#), no mercado brasileiro o controle de maior parte dos aeroportos esta sob gestão pública. Também na grande maioria dos casos, o controle administrativo fica a cargo de uma empresa do governo federal, a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária, INFRAERO, que é responsável por 60 aeroportos (dados de 2015). Estas afirmações demonstram que os projetos de melhoria e de expansão dos aeroportos nacionais dependem intensamente de recursos públicos, que nem sempre estão disponíveis ([SALGADO; OLIVEIRA, 2008](#)).

O conjunto de afirmações e dados apresentados nesta seção evidenciam a importância do transporte aéreo, e logo a relevância da aplicação de estudos que possam somar a este setor informações que estruturam em dados a sua expansão, como a investigação deste trabalho.

## 2.1 Transporte aéreo de passageiros no Brasil

Historicamente o transporte de passageiros vem sendo a principal atividade das empresas aéreas, e por consequência o principal agente impulsionador de demanda por infraestrutura e serviços aeroportuários. Como já foi destacado na [Fig. 1](#), o volume de passageiros transportados por intermédio do modal aéreo tem crescido de maneira substancial nos últimos anos, para ilustrar este crescimento os dados destes volumes são apresentados na [Fig. 4](#).

Figura 4 – Volume de passageiros transportados por ano no Brasil.



Fonte: Adaptado de ([ANAC, 2014](#))

Para caracterizar o setor de transporte aéreo de passageiros, é possível organizar este em dois segmentos, o de voos regulares e o de não-regulares. As operações não-regulares referem-se ao segmento do transporte aéreo em que as atividades são executadas por meio de permissão ou autorização. Dentro deste segmento estão a modalidade de voos charter (aluguel), os fretamentos (geralmente por operadoras de turismo) e os serviços de táxi aéreo. Os voos não regulares são operados por companhias aéreas especializadas ou pelas próprias empresas aéreas regulares, mediante demanda pelos serviços ([SIMÕES, 2003](#)).

Os serviços aéreos que são ofertados de forma contínua e sistemática, operados por companhias aéreas e organizado por intermédio de linhas aéreas, são chamados de regulares. No ano de 2015 96% aproximadamente das operações de transportes do setor foi realizada de forma regular. Estes números revelam a significância do transporte de passageiros em transporte aéreo via voos regulares, dentro do mercado como um todo. Esta representatividade faz com que neste trabalho seja utilizada como amostra o transporte de passageiros que estão tipificados nesta modalidade.

Analisando por intermédio da características das rotas aéreas é possível fragmentar o transporte regular aéreo de passageiros em dois grupos. O grupo caracterizado pela abrangência nacional e internacional, que operam em rotas de longo curso e para

outros países. E o outro grupo é o de serviços regionais, que é designado a operar linhas que interliguem regiões de menor densidade à centros urbanos com maiores populações e capitais estaduais.

Visto que este trabalho está centrado no grupo de rotas aéreas de características regionais, nas próximas seções este grupo será caracterizado de maneira mais exaustiva, com o intuito de fundamentar sua relevância e apresentar suas características e evolução histórica.

## 2.2 Transporte aéreo regional de passageiros

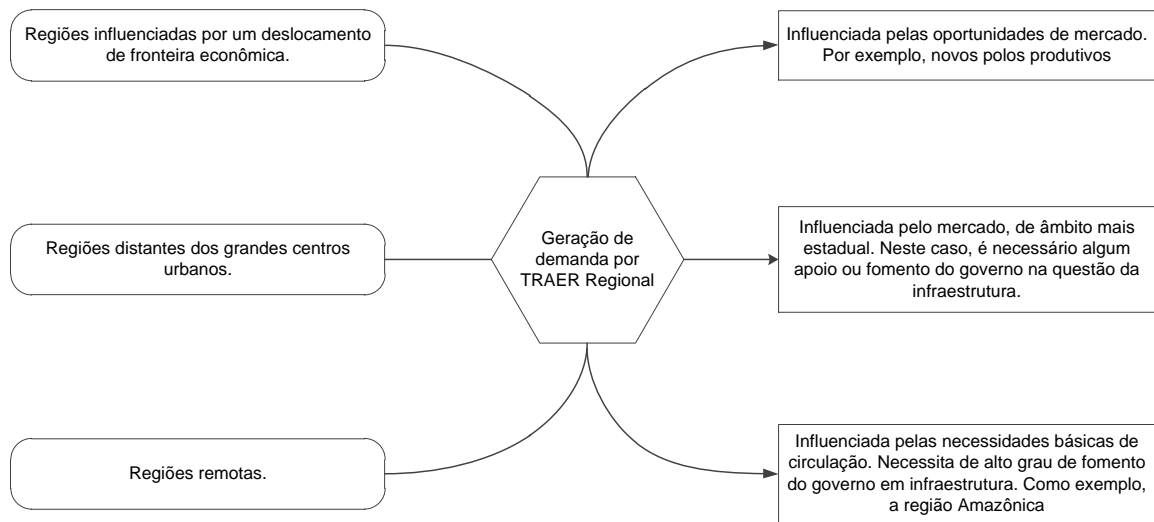
As linhas ou rotas regionais são as caracterizadas por possuírem menor curso, e por servirem como impulsionadoras e capilarizadoras das linhas aéreas regionais. Estas, de maneira geral possuem menor movimento e conectam à malha aeroportos de segunda e terceira categorias, que não podem receber aviões de grande porte (WIDMER, 1984).

Salgado e Oliveira (2008) destacam o papel estratégico desempenhado por este segmento do transporte aéreo enquanto elemento multiplicador da economia, e sua importância para a manutenção da integração nacional, e a promoção do desenvolvimento sustentável equânime entre todas as regiões.

Em casos como o do Brasil, devido suas dimensões físicas superlativas, a aviação regional se torna estratégica na tarefa de se manter o bem-estar social e na promoção do desenvolvimento econômico, especialmente em regiões fronteiriças ou remotas como a Amazônia (RIBEIRO, 2011). Tamanha relevância adquire um grau ainda superior principalmente se consideradas a carência histórica de investimentos em infraestrutura de transporte de superfície como o rodoviário e o ferroviário, ou, a precariedade da malha de transporte marítimo e fluvial existente no País.

Agregando ao contexto apresentado, em informativo apresentado pela Fundação Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada no ano de 2010 IPEA (2010), foi ressaltado que o segmento de transporte aéreo (TRAER) regional pode ser claramente dividido em três regiões mercadológicas, devido as motivações de geração da demanda. Esta divisão pode ser esquematizada, conforme apresentado na Fig. 5.

Figura 5 – Geração de demanda por transporte aéreo regional nos diferentes mercados brasileiros.



Fonte: Aptado pelo autor, de (IPEA, 2010).

A análise destas divisões de motivações de geração da demanda em aviação regional apresentadas na Fig. 5, leva a perceber que nos municípios localizados na região norte do país, que engloba a região amazônica, a motivação por utilizar este modal difere das demais regiões do Brasil. Estes municípios tem a geração de demanda por transporte aéreo mais ligada a questões de posicionamento geográfico e a falta de acesso a diferentes modais de transporte, diferente da questão econômica que é visualizada de maneira dominante nas demais regiões. Para evitar distorções das análises, neste estudo optou-se por não incluir os municípios desta região.

### 2.3 Perspectiva histórica do transporte aéreo regional

Para apresentar de maneira mais fundamentada o mercado de TRAER regional, é exposto nesta seção a evolução histórica do TRAER no Brasil, englobando o surgimento da aviação regional e uma análise sucinta da situação atual do segmento.

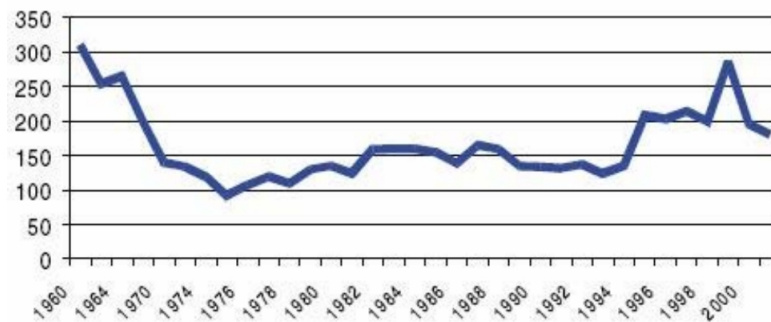
O ponto de partida da aviação comercial brasileira pode ser alocado na década de 20 quando o governo liberou a exploração deste mercado para iniciativa privada. Entretanto, o setor só teve uma expansão real no período que procedeu a segunda guerra mundial, devido as facilidades de acesso a aeronaves de produção americana excedentes do pós-guerra.

O fato de existirem uma quantidade considerada elevada de empresas de transporte aéreo na época, criou um desequilíbrio no balanço de oferta/demanda fazendo com que o setor enfrentasse uma crise econômica. Somado a isto, a expansão da malha rodoviária nos anos 60 piorou o ambiente econômico das empresas.



Este ambiente e a estimulação por parte do poder público, levaram a uma vertiginosa concentração do mercado, chegando ao ápice em 1975 quando o setor possuía apenas quatro empresas de transporte operando, esta concentração levou também a uma diminuição exponencial do número de ligações aéreas. Um outro fator que impactou a quantidade de localidades atendida por transporte aéreo, foi a introdução de aeronaves mais modernas e de maior porte concentrando ainda mais o atendimento nas cidades de maior potencial econômico. A fig. 6, apresenta a evolução do número de cidades atendidas dos anos 60 aos anos 2000.

Figura 6 – Evolução do número de localidades atendidas por transporte aéreo regional.

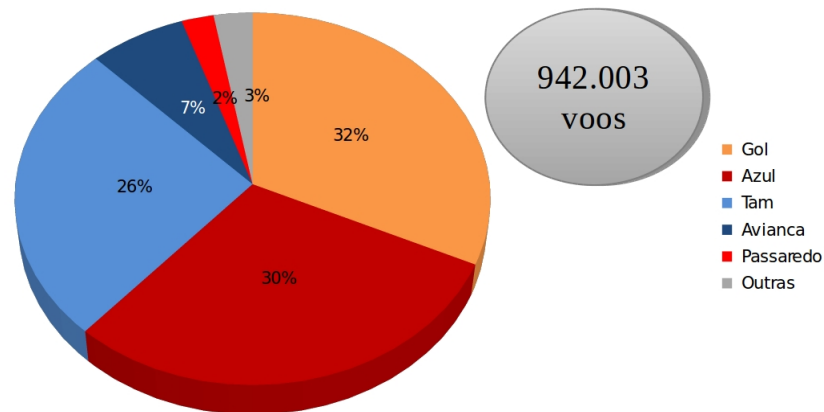


Fonte: BNDES

Todo este quadro de abandono do setor, mobilizou o poder público, por intermédio do Ministério da Aeronáutica, solicitar um estudo que tinha por objetivo criar uma nova modalidade de aviação, a Aviação Regional. Este estudo levou a criação do SITAR - Sistema Integrado de Aviação Regional, em 1975. Esse sistema dava subsídios para o atendimento de linhas de menor retorno econômico.

Até o início anos 2000 o setor passou por diferentes estágios regulatórios, permanecendo com o tamanho da malha relativamente estável. Atualmente o setor conta com um baixo número de empresa aéreas regionais, a Fig. 7 demonstra que no ano de 2014 aproximadamente 97% dos voos realizados foram efetuados por 5 empresas, consequentemente existe uma baixa capilarização da malha de transporte aéreo.

Figura 7 – Percentual de voos por empresa em 2014



Fonte: (ANAC, 2014)

Em 2011, o total de aeroportos que possuíam operações de transporte aéreo regular de passageiros e cargas era de 130 e o número de rotas servidas por transporte aéreo regular de passageiros e cargas era de 848, de acordo com dados da contextualização do Programa Temático Aviação Civil e com dados do sistema Horário de Transporte - HO-TRAN, da ANAC, respectivamente. Durante o ano de 2012, chegou-se a 124 aeroportos e ao fim do ano de 2013 esse número foi reduzido para 120. Já a quantidade de rotas era de 789 ao fim de 2012 e em dezembro de 2013 registrou-se 663 rotas servidas por transporte aéreo regular de passageiros e cargas. Em 2014, 109 aeroportos e 636 rotas eram servidos por transporte aéreo regular de passageiros e cargas.

A análise dos dados apresentados demonstram que o TRAER regional brasileiro tem uma trajetória instável de evolução. Entretanto, constatada a importância do segmento para o país e a relativa ausência de fomento do poder público, é necessário que estratégias de consolidação deste mercado sejam propostas. Neste contexto, é destacável que esta pesquisa pode colaborar com a proposição destas estratégias, ao estabelecer uma sistemática de levantamento do potencial de passageiros em mercados onde o TRAER não está estabelecido.

### 3 Análise de demanda por transporte

A análise de demanda por transporte é o processo pelo qual se procura identificar os determinantes da demanda e a maneira como eles interagem e afetam a evolução do volume de tráfego. Os resultados destas análises são geralmente modelos matemáticos ou estatísticos que relacionam medidas de demanda por transportes com medidas do nível de atividade socioeconômicas e/ou características do usuário de transportes. Alguns métodos utilizados para previsão da demanda por transportes e suas características principais são apresentados na Tab. 1:

Tabela 1 – Métodos previsão da demanda por transportes

Método	Descrição
Modelos Explicativos	A aplicação deste método objetiva o estabelecimento de uma ou mais relações funcionais que permitam prever a variável dependente a partir do comportamento das independentes. A abordagem econométrica é o que permite tal aferição.
Método das Elasticidades	Caracterizado pela utilização das elasticidades na estimação das alterações do que é quantitativamente demandado para uma variação em seus atributos. O coeficiente de elasticidade avalia as flutuações relativas da demanda para variação relativa dos atributos.
Método das Séries Históricas	Consiste na criteriosa observação de registros históricos e sequenciais de fatos relacionados à produção, que podem ser manipulados estatisticamente.
Métodos Qualitativos	Tais métodos estão voltados para a previsão tecnológica dos meios que são capazes de gerar bens ou serviços, para que as empresas possam se adequar ao processo de inovações tecnológicas, podendo então fundamentar mais coerentemente seus planejamentos táticos ou estratégicos.
Método da Extrapolação de Tendências	Consiste em observar dados referentes a demandas anteriores e adequar o tipo de função que melhor se ajusta a essa realidade histórica. É um dos métodos mais empregados na cenarização da demanda por transportes aéreos.
Modelos Comportamentais	Consistem em tentativas de compreender as decisões tomadas pelos indivíduos quando existem diversas alternativas de escolha a serem tomadas, ou seja, são baseadas na teoria da escolha.

Fonte: Adaptado de ([GRASSELLI, 2007](#)).

Com o intuito de fundamentar os modelos apresentados na Tab. 1, alguns exem-

plos de estudos que aplicaram estas metodologias são apresentados.

Os métodos explicativos são aplicados tanto na literatura nacional quanto na internacional, no procedimento de previsão da demanda de transporte. [Sigaki \(2012\)](#) apresenta um estudo explicativo de previsão da demanda por transporte aéreo. O autor utilizou modelos de regressão para avaliar as variáveis que influenciavam o transporte aéreo francês, tanto para o mercado nacional quanto internacional.

Estudos qualitativos, são amplamente utilizados na literatura. Como exemplo, no ano de 2014 a Secretária de Aviação Civil da Presidência da República, apresentou um relatório ([SAC, 2014](#)) de uma pesquisa qualitativa, realizada em 65 aeroportos do Brasil. Este relatório apresentou um panorama da aviação no país, e foi realizado por intermédio da aplicação de 150 mil entrevistas com os passageiros destes aeroportos. Além de traçar o perfil dos passageiros, foi levantado o potencial de volume de passageiros em novas linhas aéreas.

Como exemplo de modelos comportamentais, destaca-se o trabalho de [Ortúzar e Simonetti \(2008\)](#). Neste estudo, os autores utilizaram quatro variáveis para avaliar, para realizar um estudo de preferência declarada, com o objetivo de investigar o processo de tomada de decisão de passageiros da rota de Santiago a Concepción no Chile. A investigação se deu, pela escolha entre a rota aérea estabelecida entre as cidades e um linha fictícia de trem de alta velocidade. As variáveis utilizadas foram tempo de viagem, tarifa, conforto e o atraso no serviço.

Pelas características dos dados que serão utilizados nesta pesquisa, e o embasamento em outros estudos encontrados na literatura, a investigação proposta neste trabalho esta categorizada no grupo de modelos explicativos ou analíticos. E como destacado no trabalho de [Sigaki \(2012\)](#), estes modelos ao embasar suas teorias em dados matemáticos e testes estatísticos, são os que possuem maior confiabilidade na tarefa de prever a demanda por um produto ou serviço.

### 3.1 Determinantes da demanda por transporte aéreo

Nesta seção busca-se apresentar quais são os fatores identificados na atual literatura como indutores ou inibidores do tráfego aéreo ou da demanda por transporte aéreo de passageiros.

Em um aplicação econométrica sobre a demanda por tráfego aéreo no Brasil, [Salgado e Oliveira \(2008\)](#) analisaram individualmente as micro regiões do Brasil definidas pelo IBGE avaliando o potencial de transporte aéreo das mesmas. Os autores utilizaram na regressão diversas variáveis independentes com o intuito de permitir as companhias aéreas um futuro mapeamento das rotas com potencial.

Algumas variáveis utilizadas pelos autores foram as seguintes:

- Presença de voos regulares para a região (variável binária indicativa);
- Produto Interno Bruto (PIB) da micro região;
- Produto Interno Bruto (PIB) das micro regiões vizinhas;
- População (quanto maior, maior o potencial);
- Atrações turísticas (quanto maior o número de atrações turísticas, maior o potencial);
- Distância média em quilômetros entre os municípios da micro região e a capital estadual (quanto maior, maior o potencial de transporte aéreo regional);
- Distância média em quilômetros entre os municípios e o aeroporto mais próximo fora da microrregião (quanto maior a distância, maior a necessidade de um aeroporto na micro região)

[Demant \(2011\)](#) apresenta que de maneira geral as companhias aéreas no processo de tomada de decisão de estabelecimento de rotas aéreas regulares, fazem uso fatores determinantes que afetam o volume de passageiros transportados em linhas aéreas regionais. Estes fatores estão relacionados, com características econômicas, sociais, turísticas, operacionais, geográficas, políticas e por questões mercadológicas.

[Sivrikaya e Tunç \(2013\)](#) fizeram uma análise da demanda do mercado de transporte aéreo da Turquia, utilizando modelos econométricos. Conforme o estudo apresentado pelo autor os fatores geoeconômicos que são determinantes para geração de potenciais passageiros são a população, o PIB per capita e a distancia entre origem e destino (O&D). Como segue na [Tab. 2](#) os autores fizeram uma análise do estado da arte e elencaram as variáveis utilizadas em 15 artigos considerados por eles de maior relevância na literatura internacional.

Tabela 2 – Natureza das variáveis mais frequentes na literatura.

Descrição da variável	Número de repetições
População	11
PIB	9
Distância	5
Tempo de Viagem	5
PIB per capita	4
Tarifa da passagem	5
Frequência de voo	4
Índice de inflação	3
Volume de importação	3
Taxa de emprego	2
Taxa de exportação	2
Custos	2
Gastos	2
Preço do combustível	1

Fonte: Adaptado de (SIVRIKAYA; TUNÇ, 2013).

Ao avaliar o escopo literário que aborda os determinantes da demanda por transporte aéreo, é perceptível que as características sociais, geográficas e econômicas estão consolidadas na incumbência de predizer o volume de consumo deste serviço. Neste trabalho, além de englobar as variáveis já estabelecidas na literatura como explicativas destes determinantes, tem se por meta propor a utilização de outros dados que possam explicar o comportamento do volume de passageiros em rotas aéreas com características regionais no Brasil.

## 4 Modelagem Econométrica

Nesta seção serão abordados os aspectos metodológicos que implicam da aplicação de modelos econométricos. Dentro desta abordagem, os modelos de regressão são essenciais e de grande aplicação na literatura. Para tal é buscado explicar sobre sua finalidade e suas etapas metodológicas de aplicação.

### 4.1 Modelos de Regressão Linear

A análise por regressão linear, tem por objetivo central prever as modificações de uma variável dependente ao ser confrontada com alterações em variáveis independentes. Para tal, é aplicado o modelo estatístico dos mínimos quadrados (MQO). Como destacado em [Hair et al. \(2009\)](#), a técnica permite estimar a associação entre  $Y$ , variável dependente, e  $X_i$ , um conjunto de variáveis explicativas ou independentes, sendo que a forma funcional básica que permite avaliar esta associação pode ser descrita como  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ . O objetivo dos modelos de regressão esta centrado em avaliar a correlação entre  $X_i$  e  $Y$  em relação a direção e magnitude dessa associação.

Os modelos de regressão mais elementares são os chamados Simples, que se utilizam apenas de uma variável explicativa  $X$  para avaliar a varável  $Y$ . Já os modelos que se utilizam de mais de uma variável explicativa, e que são de maior expressão na literatura, são os chamados modelos de Regressão Múltipla. Nas próximas seções os dois modelos de regressão citados serão mais amplamente discutidos.

#### 4.1.1 Regressão Linear Simples

O modelo linear simples é o modelo de regressão que se apresenta de maneira mais elementar, conforme [Gujarati e Porter \(2011\)](#) ele pode ser descrito pela equação 4.1. Esse modelo tem por característica o fato de que é utilizado apenas um regressor  $x_i$ , este também chamado de variável independente ou explicativa ([ROSSI; NEVES, 2014](#)). As demais variáveis da eq. 4.1 são  $y_i$  que representa a variável dependente, ou seja que deseja ser explicada, e  $u_i$  o erro da regressão, uma variável aleatória que pode assumir valores positivos ou negativos, não observáveis. Conhecido também como erro aleatório, que por inúmeras razões é considerado fundamental na análise de regressão. O subscrito  $i$  representa cada observação das variáveis do modelo indo de 1 até  $n$ , sendo assim a forma matricial do modelo  $Y = X\beta + u_i$ , mais detalhada na Eq. 4.2.

$$y_i = \beta_1 + \beta_2 x_i + u_i \quad (4.1)$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} 1 & x_1 \\ 1 & x_2 \\ 1 & x_3 \\ 1 & x_4 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & x_n \end{bmatrix}, u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix}, e \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

Ademais,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  são os parâmetros da regressão, incógnitas porém fixas, respectivamente representam, o intercepto, valor de  $y_i$  quando  $x_i$  assume valor zero. E o coeficiente angular, sendo este o que representa a mudança visualizada em  $Y$  associada a uma variação unitária em  $X$ .

#### 4.1.2 Regressão Linear Múltipla

A regressão linear múltipla se apresenta de modo mais complexo que a simples, devido a sua aplicação que decorre de situações onde os fatos não podem ser assimilados de maneira elementar, demandando uma investigação mais aprofundada. Logo utilizando os conceitos desenvolvidos em [Rossi e Neves \(2014\)](#), [Gujarati e Porter \(2011\)](#) e [Wooldridge \(2002\)](#) é possível descrever a regressão múltipla como segue.

Temos então uma regressão linear múltipla (MLR - *Multi Linear Regression*) quando admitimos que a variável a ser explicada (dependente) é função linear de duas ou mais variáveis independentes (regressores), assim esta relação pode ser descrita pela forma funcional básica de  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ . A função linear que representa o modelo estatístico de uma regressão linear múltipla com  $k$  regressores é apresentada na Eq. 4.3.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + u_i, i = 1, \dots, n. \quad (4.3)$$

Ou, de maneira matricial descrita nas Eqs. 4.4 e 4.5.

$$Y = X\beta + u \quad (4.4)$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & \dots & x_{k1} \\ 1 & x_{12} & x_{22} & \dots & x_{k2} \\ 1 & x_{13} & x_{23} & \dots & x_{k3} \\ 1 & x_{14} & x_{24} & \dots & x_{k4} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & x_{2n} & \dots & x_{kn} \end{bmatrix}, u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix}, e \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \quad (4.5)$$



Onde:

- $Y_i$  representa a  $i$ -ésima observação da variável dependente;
- $x_{ki}$  representa a  $i$ -ésima observação da variável independente  $k$ ;
- $\beta_k$  representa o coeficiente referente a variável independente  $k$ ;
- $u_i$  representa uma variável aleatória com média zero e variância constante.

Como aplicação da MLR na literatura no mercado de transporte aéreo nacional, é destacável o estudo proposto por [Demant \(2011\)](#). O autor buscou avaliar por intermédio das análises de regressões a influência que a infraestrutura dos aeroportos possui sobre a demanda pelo serviço de transporte aéreo. Para tal foi desenvolvido um estudo que abrangeu 50 terminais aeroportuários do Brasil. Fazendo uma associação com a forma funcional básica de  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$  e a Eq. 4.3, neste estudo, a variável dependente  $Y$ , foi o volume de passageiros em cada um dos terminais. Com relação as variáveis explicativas  $X$ , o autor utilizou 9 variáveis, sendo estas divididas em grupos, como segue:

- Variáveis da características de geração da demanda do município, que foram: PIB per capita do município, Potencial turístico, Localização do aeroporto com relação ao centro da cidade, Distância rodoviária do município a capital do estado e a População do município.
- Variável binária para avaliar a gestão do aeroporto: Esta variável assume valor 1 quando o aeroporto for administrado pela INFRAERO, e 0 quando não. Foi incluída no modelo com o objetivo de avaliar o impacto dos investimentos realizados pelo governo federal nos terminais.
- Variável ligada a capacidade de processamento do aeroporto (Indicador da capacidade de processamento do aeroporto): Após a realização de uma série de análises, o autor agrupou por intermédio de um indicador único 4 variáveis que buscam identificar a capacidade de processamento de pousos e decolagens do aeroporto. Com relação ao processamento de aeronaves, utilizou comprimento da pista, a resistência do pavimento da pista e o tamanho do pátio do terminal. Já com relação a passageiros, utilizou o tamanho do terminal de passageiros.
- Variáveis adicionais de infraestrutura do aeroportos: Disponibilidade de combustível no aeroporto e instrumentação de auxílio de pousos e decolagens.

Como é possível visualizar, através do estudo descrito, os modelos MLR possuem o potencial de aplicação no mercado de transporte aéreo, e são adaptáveis ao propósito da aplicação do estudo, como no caso de [Demant \(2011\)](#), a avaliação do impacto da infraestrutura na demanda. Outros estudos que aplicam MLR na literatura nacional são, [Weiss](#)

(2012) que aplicou modelos de regressão para avaliar o impacto de fatores da microeconomia na demanda por transportes aéreo, e (JUNIOR; OLIVEIRA, 2015) que avaliaram a influência do tipo de propulsão (jato ou turboélice) da aeronave utilizada, na demanda.

## 4.2 Estimativa dos parâmetros do Modelo de regressão

Para que seja obtida a forma funcional do modelo  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ , torna-se necessário a aplicação de um método que estime os parâmetros  $\beta$  das equações dos modelos de regressão. O método mais amplamente utilizado na literatura é o Método dos mínimos quadrados ordinários (MQO). Para melhor compreensão deste método, a próxima seção aborda suas características e a sua sistemática de obtenção dos valores dos parâmetros.

### 4.2.1 Método dos mínimos quadrados ordinários

Este método é utilizado para estimação dos parâmetros  $\beta$  da regressão, foi inicialmente desenvolvido por Carl Friedrich Gauss, é descrito como um método estatístico aplicado à análise de regressão que possui ampla disseminação na literatura, e propriedades de elevada importância para os modelos de regressão por diferentes razões (GUJARATI; PORTER, 2011).

Logo, de maneira a descrever o procedimento de obtenção da estimativa  $\beta$  pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO), inicialmente escreve-se a função de regressão de amostra de tamanho  $n$  em relação a  $k$  variáveis na eq. 4.6.

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_k x_{ki} + u_t \quad (4.6)$$

De modo que é possível reescrever de maneira matricial conforme a eq. 4.7.

$$y = X\beta + u \quad (4.7)$$

Onde nesta última,  $\beta$  é um vetor de  $k$  elementos com estimadores de MQO dos coeficientes de regressão e  $u$  é um vetor coluna de dimensão  $n \times 1$  com  $n$  resíduos. Os estimadores MQO são estabelecidos por intermédio da minimização da equação 4.8.

$$u^t u = \sum_{t=1}^n u_t^2 = (y - X\beta)^t (y - X\beta) = y^t y - 2\beta^t X^t y + \beta^t X^t X \beta \quad (4.8)$$

Aplicando a diferenciação matricial na eq. 4.8, obtemos:

$$\frac{\partial(u^t u)}{\partial \beta} = -2X^t y + X^t X \beta \quad (4.9)$$

Igualando a equação 4.9 a zero chegamos no estimador para  $\beta$ :

$$(X^t X)\hat{\beta} = X^t y \Rightarrow \hat{\beta} = (X^t X)^{-1} X^t y \quad (4.10)$$

De maneira genérica, o método MQO, ao minimizar a soma da Eq. 4.8, busca os valores dos parâmetros  $\beta$ , que forneçam a menor diferença entre o valor real de  $Y$  e o valor estimado desta variável por intermédio da regressão.

### 4.3 Avaliação dos parâmetros $\beta$ obtidos nos modelos de regressão

Ao aplicar um modelo de regressão, o pesquisador não quer somente estimar os valores de  $\beta$  para a obtenção da forma funcional  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ , tem por meta também avaliar o modo como este foi estimado. Ou seja, por exemplo avaliar o quão próximo esta o valor estimado de  $Y$ , do valor real. Para tal, algumas análises são feitas e hipóteses formuladas, como segue nas próximas seções.

#### 4.3.1 Avaliação do modelo pelo coeficiente de Determinação $R^2$

Este coeficiente mensura a proporção de variabilidade em uma variável que é explicada pela variação de outras. No caso de uma regressão simples, ou seja,  $i = 1$ , o quadrado do coeficiente de correlação de Pearson, definido anteriormente, é chamado de coeficiente de determinação ou simplesmente  $R^2$ . No caso geral definimos  $R$  conforme (GUJARATI; PORTER, 2011) seguindo a equação 4.11:

$$R^2 = \frac{\hat{\beta}(X^t y) - n\bar{Y}^2}{y^t y - n\bar{Y}^2} \quad (4.11)$$

Uma importante propriedade do  $R^2$  é que ao aumentarmos o conjunto de variáveis explicativas o  $R^2$  nunca diminui, sempre aumenta, ou fica igual. Como alternativa para isso podemos usar o Coeficiente de Determinação Ajustado ( $R_{ADJ}^2$ ) conforme a equação 4.12:

$$R_{ADJ}^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \hat{u}_i^2 / (n - i)}{\sum_{i=1}^n y_i^2 / (n - 1)} \quad (4.12)$$

Onde na equação 4.12 temos  $i$  sendo o número de parâmetros no modelo, incluindo o termo de intercepto ( $\beta_0$ ). Este  $R_{ADJ}^2$  mostra um coeficiente de determinação ajustado pela dimensão do conjunto de observações e pelo número de parâmetros. O máximo valor assumido por  $R_{ADJ}^2$  é igual ao do coeficiente  $R$  conforme a equação 4.11.

O valor assumido pelo coeficiente  $R^2$ , também conhecido como coeficiente de determinação da amostra, é a medida do grau de ajustamento de uma reta de regressão. Traduzindo de maneira prática, é possível afirmar que o coeficiente  $R^2$  mede a proporção ou porcentagem da variação total em  $Y$ , explicada pelo modelo de regressão estimado.

### 4.3.2 Matriz de variância-covariância de $\hat{\beta}$

Essa matriz é definida pelas equações 4.13 :

$$Cov(\hat{\beta}) = \begin{bmatrix} var(\hat{\beta}_1) & cov(\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2) & \cdots & cov(\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_n) \\ cov(\hat{\beta}_2, \hat{\beta}_1) & var(\hat{\beta}_2) & \cdots & cov(\hat{\beta}_2, \hat{\beta}_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ cov(\hat{\beta}_n, \hat{\beta}_1) & cov(\hat{\beta}_k, \hat{\beta}_2) & \cdots & var(\hat{\beta}_n) \end{bmatrix} = \sigma^2(X^t X)^{-1} \quad (4.13)$$

Nesta  $\sigma^2$  é obtido por intermédio do estimador  $\hat{\sigma}^2$ :

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\hat{u}^t \hat{u}}{n - k} \quad (4.14)$$

A matriz 4.13 será utilizada no processo de realização de inferências estatísticas sobre os estimadores.

### 4.3.3 Inferência estatística sobre os estimadores

Ao realizarmos as inferências estatísticas sobre os estimadores inicialmente é definida a suposição de uniformidade dos erros da regressão, logo:

$$u \sim N(0, \sigma^2 I) \quad (4.15)$$

Onde em 4.15 temos  $u$  e  $0$  vetores colunas  $n \times 1$  e  $I$  é uma matriz identidade  $n \times n$ , sendo  $0$  o vetor nulo. Partindo desta suposição temos a possibilidade de provar que:

$$\hat{\beta} \sim N(\beta, \sigma^2(X^n X)^{-1}) \quad (4.16)$$

Como já visto anteriormente, o valor da variância populacional  $\sigma^2$  é desconhecido e estimado pelo estimador  $\hat{\sigma}^2$  conforme a equação 4.14. Sendo assim cada elemento de  $\hat{\beta}$  tem associado uma distribuição  $t$ -student com  $n-k$  graus de liberdade, e simbolicamente:

$$t = \frac{\hat{\beta}_i - \beta_i}{ep(\hat{\beta}_i)} \quad (4.17)$$

Onde na equação 4.17  $ep(\hat{\beta}_i) = \sqrt{var(\hat{\beta}_i)}$ .

A estatística de  $t$ -student ira viabilizar o seguinte teste de hipótese de um coeficiente ser nulo, ou não ser, como segue em 4.18 e 4.19:

$$H_0 : \beta_i = 0 \quad (4.18)$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0 \quad (4.19)$$

Caso a estatística  $t$  esteja localizada na região crítica, não será possível rejeitar a hipótese  $H_0$ , e então a respectiva variável em análise associada ao estimador  $\beta_i$  não é representativa para o modelo, e por tanto possui coeficiente nulo.

## 4.4 Análise dos resíduos do modelo de regressão

É indispensável a realização de uma avaliação do modelo estimado, checando se este está conforme as hipóteses previamente definidas, para tal é prudente que seja feita uma análise sobre os resíduos encontrados pela minimização da Eq. 4.8. Estes resíduos carregam um quantidade relevante de informações relativas a autocorrelação e normalidade das perturbações.

### 4.4.1 Análise de Autocorrelação

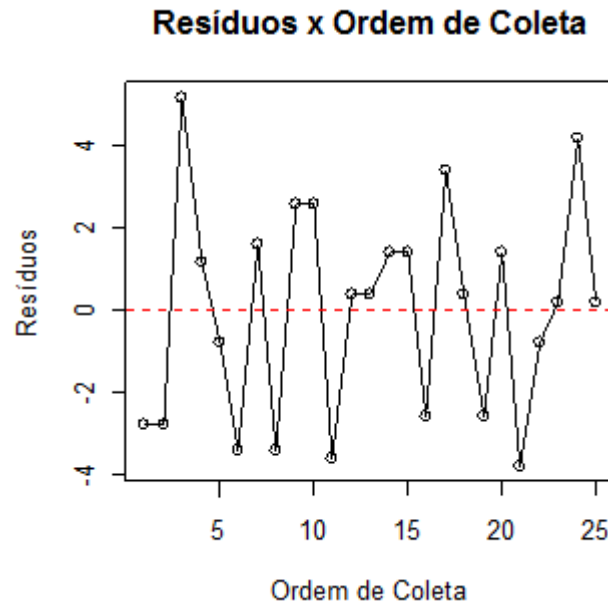
O termo autocorrelação pode ser definido pela situação em que o valor de uma observação medida em período não influencia o valor de uma observação medida em um momento posterior. Logo, isto leva a dizer que as observações são independentes, ou seja, que não existe correlação entre os termos de erro.

No modelo que definimos anteriormente para estimar MLR na equação 4.4 admitimos que não deveria haver autocorrelação. Sendo assim se o modelo não corresponder a esta suposição, este pode apresentar viés. Assim precisamos testar os modelos por autocorrelação, caso ela exista será necessário reavaliar o conjunto de variáveis independentes e fazer possíveis alterações no modelo.

Como início da análise dos resíduos é importante que seja visualizado a existência de valores de comportamento destoantes, fora da curva, os chamados *outliers*. Estes valores são aqueles que se comportam de maneira desigual com relação ao restante dos valores preditos. A estatística utilizada para definição de *outliers* é a chamada "*studentized residuals*" para o modelo (FOX, 2008).

É sugerida uma análise gráfica para que seja constatada a existência ou não de autocorrelação dos resíduos, avaliando a sua evolução no tempo. Sendo que se nesta evolução for visualizado algum tipo de comportamento sistemático, é um indicativo de existência de autocorrelação. Caso seja constatado uma aleatoriedade aparente, é um indicio de ausência de autocorrelação, veja fig. 8.

Figura 8 – Exemplo de evolução dos resíduos

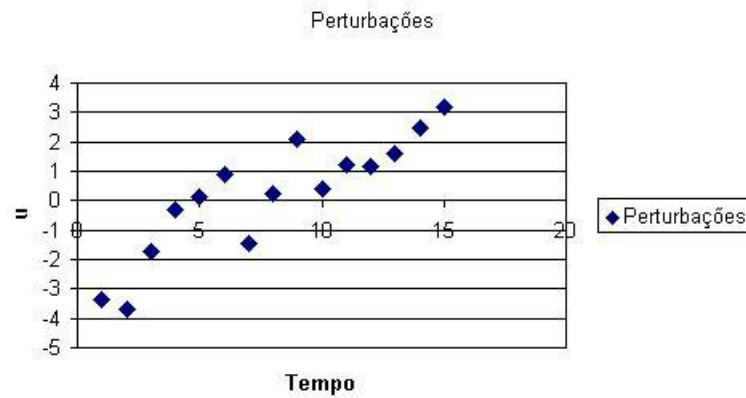


Fonte: (PEIXOTO, 2005)

Desta maneira, de acordo com GARSON (2011), o pesquisador pode utilizar o teste de Durbin-Watson ( $d$ ) para detectar a presença de autocorrelação em seus dados. A estatística  $d$  varia entre 0 e 4 de tal modo que quanto mais perto de 0 maior é a autocorrelação positiva e quanto mais perto de 4 maior é a autocorrelação negativa. Valores entre 1,5 e 2,5 sugerem independência das observações. A equação 4.20 descreve o cálculo da estatística  $d$  e na fig. 9 é apresentado um modelo com padrão de autocorrelação positivo, e na sequência a Fig. 10 demonstra uma distribuição de um modelo com ausência de autocorrelação.

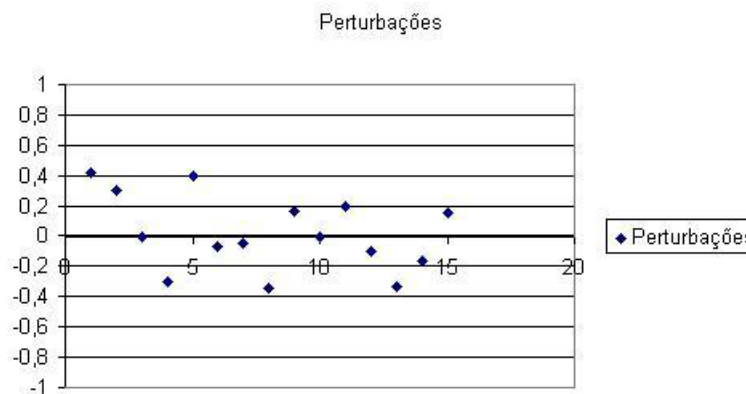
$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (\hat{u}_i - \hat{u}_{i-1})^2}{\sum_{i=2}^n \hat{u}_i^2} \quad (4.20)$$

Figura 9 – Exemplo de padrão de autocorrelação positivo, padrão sistemático nas perturbações.



Fonte: (PEIXOTO, 2005)

Figura 10 – Exemplo de ausência de padrão de autocorrelação, erros aparentemente aleatórios.

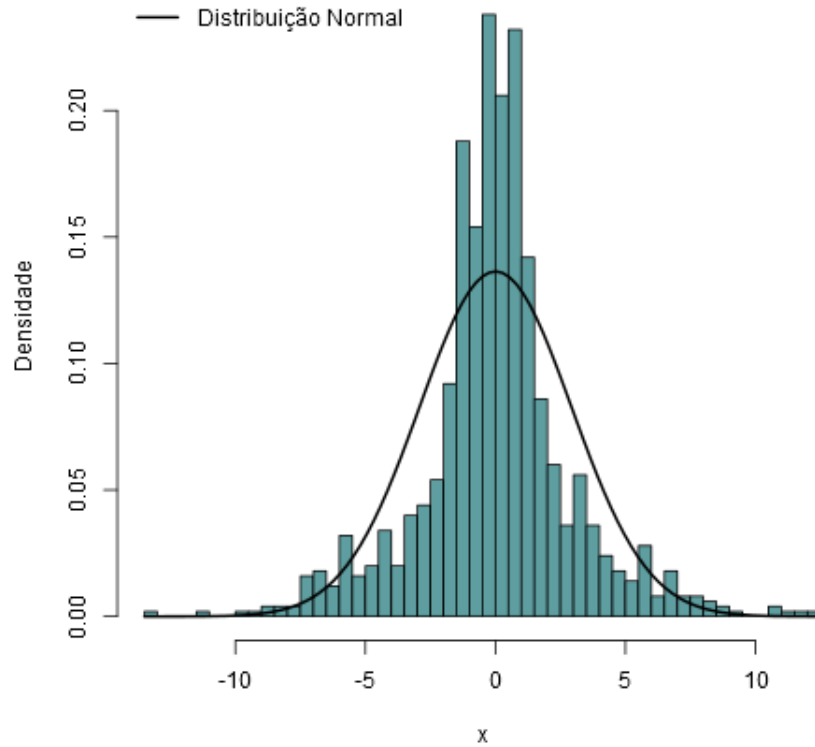


Fonte: (PEIXOTO, 2005)

Outra análise essencial é a de normalidade dos resíduos, esta também pode ser realizada de maneira gráfica, por intermédio de um QQ-Plot ou um histograma. Sendo que se o histograma se aproximar de uma distribuição normal conhecida, como visualizado na Fig. 11, é um indicativo de normalidade dos resíduos.

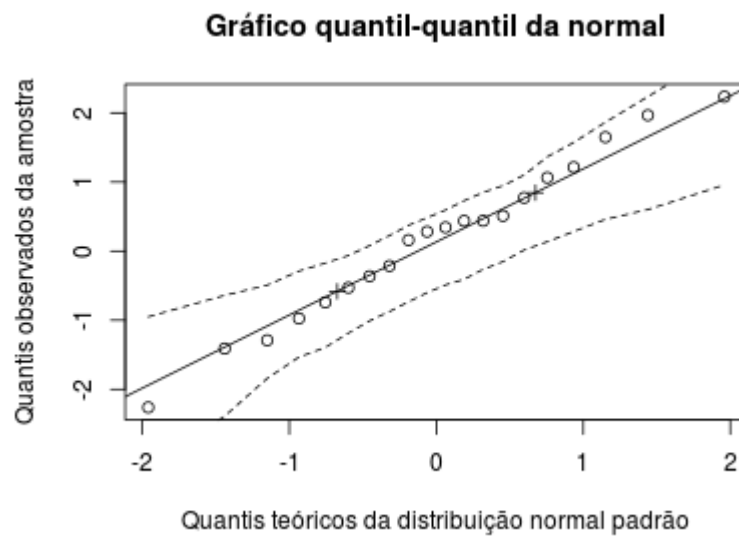
A lógica da análise por QQ-Plot, é comparar quão bem os pontos se distribuem sobre a reta contínua. Quanto mais distantes os pontos, maior é a contribuição dos mesmos no enviesamento das estimativas. A Fig. 12 mostra uma distribuição apresentada em gráfico QQ-Plot, sendo que nesta é possível que seja observado a existência ou não de pontos que estão literalmente fora da curva. Caso sejam visualizados comportamentos que destoam da curva da normalidade, conforme ressaltado em Fox (2008) talvez seja mais apropriado usar uma regressão robusta que corrija o efeito dos *outliers*.

Figura 11 – Histograma dos resíduos da regressão



Fonte: (PEIXOTO, 2005)

Figura 12 – QQ-plots para resíduos padronizados numa distribuição t



Fonte: (FOX, 2008).

Todo o fluxo de obtenção de modelos de regressão descrito neste capítulo, demons-

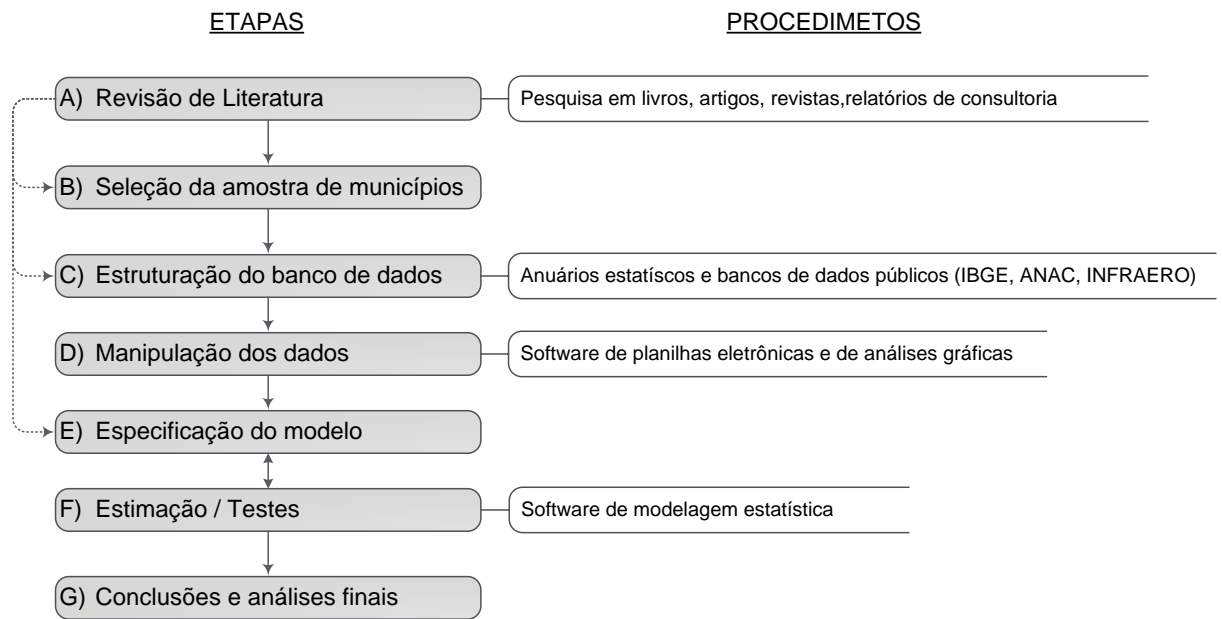


tram o potencial de utilização da regressão linear na aplicação do estudo deste trabalho. Também, ressaltam a importância da avaliação do modelo obtido, para que os dados que serão gerados por intermédio dos modelos possuam a maior acuracidade possível, diminuindo os riscos que são inerentes a um modelo de previsão.

## 5 Metodologia

Neste capítulo será apresentado todo o fluxo metodológico desta pesquisa. Na Fig. 13 este é exposto graficamente, detalhando suas etapas e procedimentos de realização.

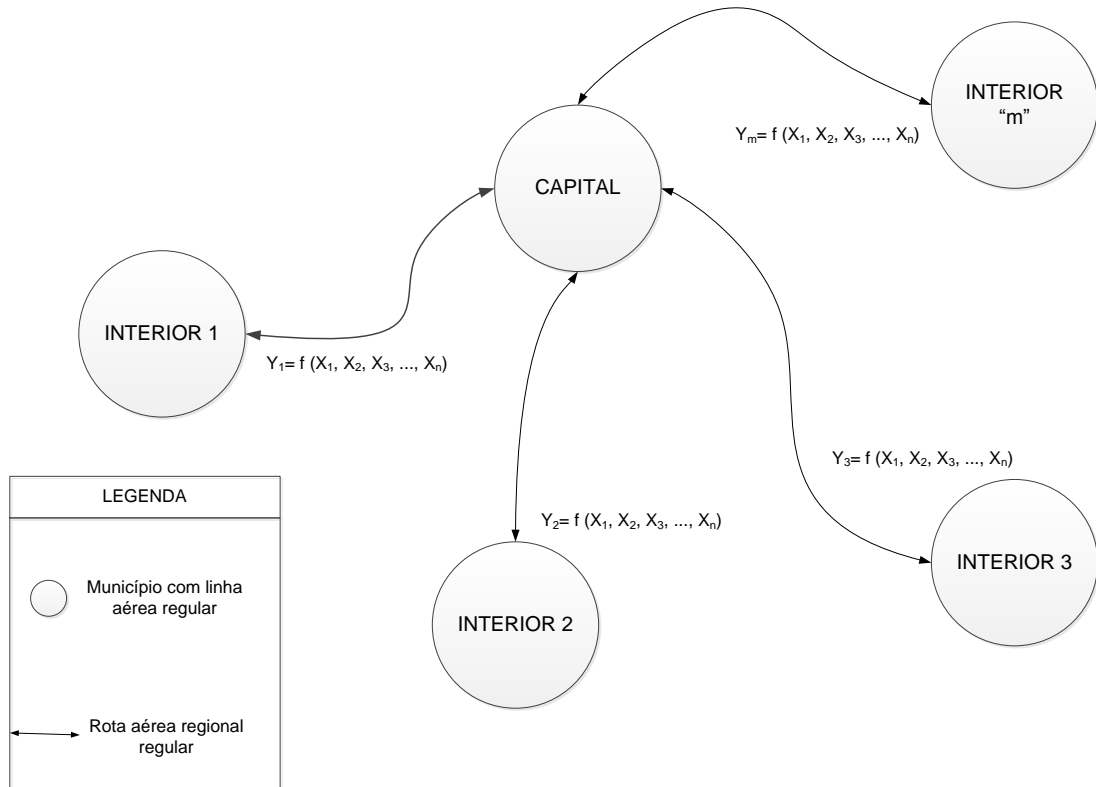
Figura 13 – Fluxo Metodológico



Fonte: Autor.

De maneira geral o procedimento de realização desta pesquisa pode ser esquematizado como segue na Fig. 14.

Figura 14 – Esquemática do procedimento de execução da pesquisa.



Fonte: Autor.

Como demonstra a Fig. 14, uma amostra de  $m$  municípios do interior do Brasil que possuem atendimento por transporte aéreo com rotas que os conectam a capital ou grandes centros urbanos foi selecionada. Na sequência, um conjunto de variáveis  $X_i$  será eleito, e por intermédio de modelos de regressão, os volumes de passageiros  $Y_i$  destas rotas estimados, utilizando os dados de um ano  $j$ . A associação das variáveis se dará pela forma funcional  $Y_i = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ .

Nas seções que seguem, as etapas que foram estipuladas no fluxo metodológico apresentado na Fig. 13 serão aprofundadas, afim de elucidar cada uma destas. Também serão explorados de maneira mais detalhada os procedimentos empregados para transpor cada etapa deste fluxo.

## 5.1 Revisão de literatura

De maneira a embasar a pesquisa, foram inicialmente levantadas informações do mercado de transporte aéreo nacional e regional, em artigos e livros conforme demonstrado no bloco A do fluxo da Fig. 13, com o intuito de avaliar a situação histórica e atual do mesmo.

Nesta etapa também foi feita uma breve análise do estado da arte do tema, ao serem levantados os determinantes da demanda de passageiros por transporte aéreo e as metodologias de previsão, aplicados em outros estudos tanto na literatura nacional quanto internacional. As setas a tracejadas a esquerda na fig. 13 representam as etapas que utilizarão conceitos e informações levantados na revisão de literatura.

## 5.2 Seleção da amostra de municípios

Esta etapa, que está representada no fluxo da Fig. 13 pelo bloco B, é de grande importância para a eficiente realização das etapas a serem aplicadas na sequência, pois é necessário que sejam selecionadas os municípios que apresentem as características socioeconômicas, geográficas e de infraestrutura de transportes, que sejam de maior generalidade dentre as cidades do interior brasileiro.

Sendo que já é perceptível e visualizado na literatura que a região norte não deve ser comparada com as demais, pois esta possui elevado número de localidades onde o modal aéreo é o único meio de ligação com outros municípios. Desta maneira, nesta pesquisa serão desconsiderados os municípios pertencentes a esta região. Também devido a essas peculiaridades o aeroporto da ilha de Fernando de Noronha no estado de Pernambuco não será integrado à amostra.

## 5.3 Estruturação e manipulação do banco de dados

Como representado Fig. 13, pelo bloco de letra “C”, após a seleção da amostra dos municípios, é iniciada a etapa de levantamento dos dados. Os dados a serem utilizados na pesquisa são de natureza secundária, visto que os dados já estão disponíveis, ou seja, o levantamento de informações será feito por intermédio de dados de institutos de pesquisa, órgãos de governo, associações ou qualquer outro tipo de instituição que possam vir a ser uma fonte de informação.

Visto a tipificação desta pesquisa, torna-se necessário o levantamento de dados de diferentes fontes e o cruzamento destes dados por intermédio das regressões. Logo, com relação a variável dependente ou regressor, ou seja, a variável que desejamos estimar, a busca será feita nos dados da ANAC, tanto em seus anuários estatísticos quanto na base histórica de HOTRAN (Horário de transporte) também disponibilizados no site da agência.

Já com relação as variáveis explicativas, ou seja aquelas que iram determinar a variação do regressor. Estas dependem muito de sua natureza, ou seja, se forem de natureza de infraestrutura de aeroporto a busca será feita junto aos dados da INFRAERO. Já variáveis de cunho socioeconômico, a instituição que disponibiliza o maior volume de dados é o IBGE, entretanto havendo necessidades outros órgãos públicos e privados de

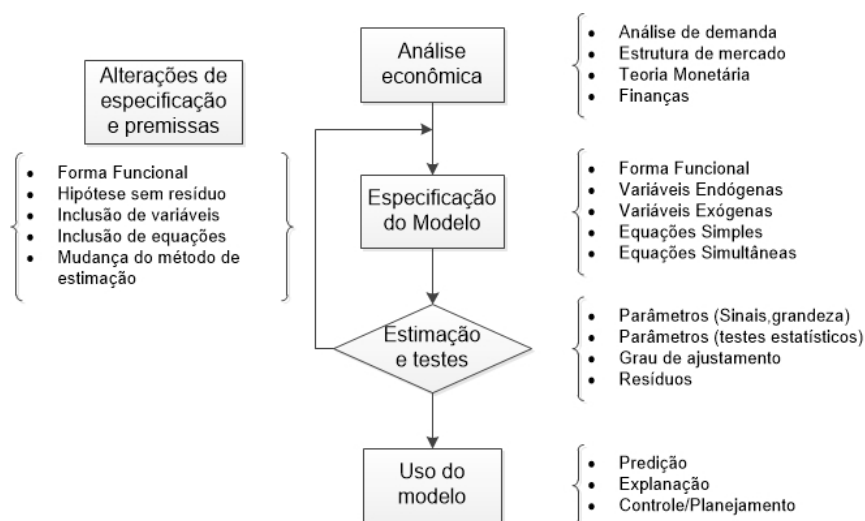
nível regional ou nacional serão consultados, por exemplo no estado do Rio Grande do Sul algumas informações podem ser levantadas junto a FEE ( Fundação de Economia e Estatística). Com relação a posição geográfica das cidades, a ferramenta *maps* da empresa Google será utilizada.

O banco de dados será manipulado em planilhas eletrônicas com o auxílio do software Microsoft Excel e as análises gráficas, se necessárias, serão feitas por intermédio do software Veuzs.

## 5.4 Especificação do modelos, estimação e testes dos resultados

Para especificação desta fase foi utilizado uma adaptação do modelo de fluxo econométrico proposto por Rossi e Neves (2014) e apresentado na Fig. 15. Nesta fase inicialmente irá ser definida a forma funcional do modelo  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ , ou seja, se a relação do regressor  $Y$  com as variáveis explicativas  $X_i$  segue uma tendência exponencial ou linear por exemplo. Feita esta especificação será realizado a fase da estimação, que diz respeito a determinação dos parâmetros do modelo, utilizando um método estatístico. O método estatístico a ser usado é o MQO (Método dos Mínimos Quadrados Ordinários), este método é o que possui maior abrangência na literatura. Para a execução do MQO algumas premissas serão utilizadas, com o intuito de simplificar a aplicação, como por exemplo a utilização inicialmente de poucas variáveis explicativas. Deste método serão extraídos resultados ( estimadores dos parâmetros, estatísticas, etc) nestes resultados alguns testes deverão ser feitos na busca por um modelo que apresente maior robustez.

Figura 15 – Fluxo do método econométrico



Fonte: (ROSSI; NEVES, 2014)

Os testes a serem feitos podem ser segmentados em dois diferentes passos. O teste mais imediato a ser feito, é avaliar se os resultados estão de acordo com o que a teoria

demonstra, por exemplo com relação a sinais e grandeza de crescimento. Ou seja, o tamanho da população deve afetar positivamente o volume do tráfego de passageiros. Passado a primeira etapa, o aprofundamento dos testes devem ir em direção a análises estatísticas, como por exemplo testes de comportamento dos resíduos e graus de ajustamento do modelo.

Os processos a serem realizados nesta etapa, de maneira geral, por intermédio da utilização do software estatístico GRETL. Ao transcorrer todo essa etapa é esperado obter modelos econométricos, conforme a Eq. 4.3, que permitam prever o volume de passageiros nas rotas de transporte aéreo regional, atingindo o objetivo central desta pesquisa.

## 6 Resultados e discussões

Com base no exposto, é aqui nesta seção que são apresentados os resultados das modelagens realizadas na busca por um modelo de predição de demanda por transporte aéreo regional de passageiros no Brasil. Inicialmente, é delimitado a amostra utilizada nesta pesquisa. Na sequência, são apresentadas as variáveis que compõem o banco de dados, e que por consequência são candidatas a serem parte do modelo. Finalmente, o modelo eleito nesta pesquisa, como de maior significância estatística e poder de predição.

### 6.1 Definição do período de análise

O período de análise selecionado nesta pesquisa, foi o do ano de 2013. Este foi selecionado, devido ao melhor enquadramento entre as informações levantadas, como a formação do banco de dados foi por intermédio do cruzamento de diversos bancos de dados, este período foi onde se obteve maior alinhamento entre as informações

### 6.2 Definição da amostra de municípios

O banco de dados estatísticos da ANAC, possui um grande número de informações. Devido a isto, foram necessárias análises e adequações para que este atendesse os objetivos almejados nesta investigação.

Em um primeiro momento, buscou-se descartar as rotas que não iam de encontro com o escopo da pesquisa, ou seja, que não eram ligações entre uma cidade do interior e um grande centro urbano (Polo). Após, avaliou-se dentro deste grupo de municípios duas particularidades:

- Rotas dos municípios da região Norte do país.
- Rotas que ligassem a ilha de Fernando de Noronha.

Finalmente a amostra utilizada, é composta por 71 municípios brasileiros, que possuem rotas caracterizadas pelo escopo desta pesquisa, totalizando 194 rotas regionais de transporte aéreo de passageiros, apresentadas, por região do polo, nos Anexos de “A” a “D”. A Figura 16, representa o mapa do Brasil com as rotas abordadas neste trabalho.

Figura 16 – Mapa das Rotas abordadas na pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sendo assim, a amostra abrange de maneira bem generalista o país, sem deixar de considerar as peculiaridades dos municípios mencionadas anteriormente.

## 6.3 Variáveis tratadas

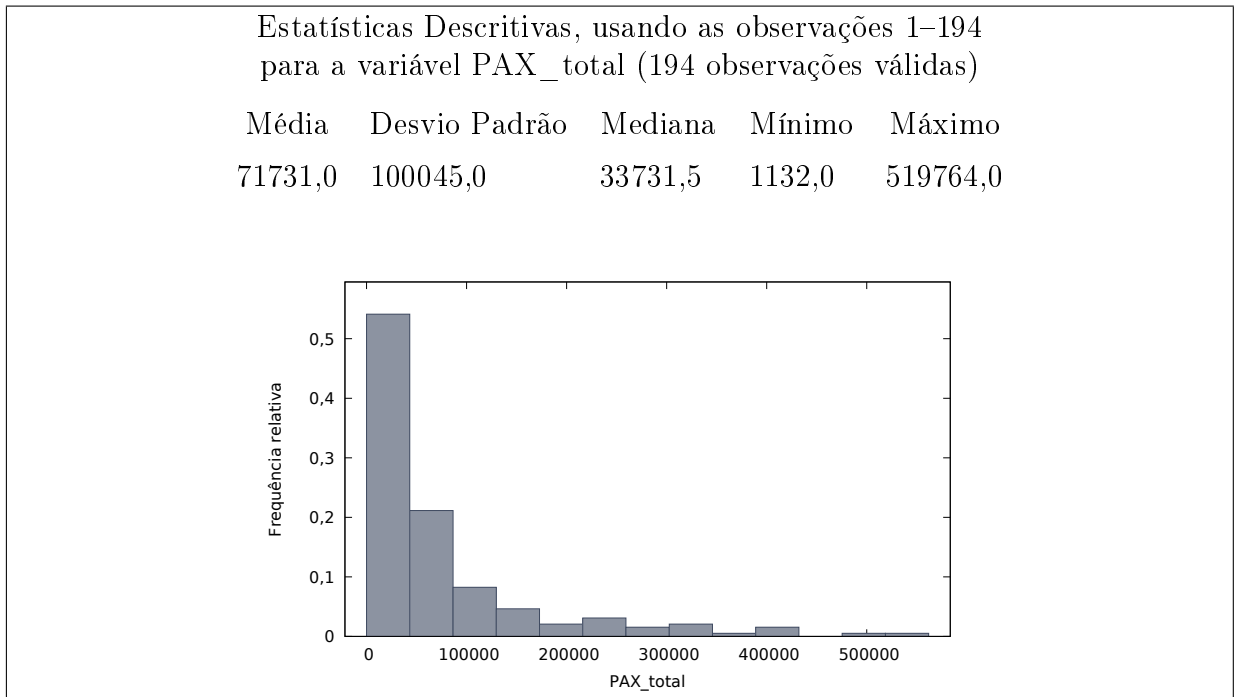
Nesta seção busca-se descrever quais as variáveis serão tratadas neste estudo, suas estatísticas descritivas e seus histogramas de distribuição de frequência. Esta breve apresentação, tem por objetivo mostrar com clareza a composição da amostra das variáveis do banco de dados. Para tal, são apresentadas a variável dependente, que neste trabalho é o volume de passageiros que circularam nas rotas, de todas as 194 rotas que compõe o banco de dados.

### 6.3.1 Variável dependente

Volume de passageiros, de natureza contínua, apresentada nos modelos como PAX\_total, estas informações foram levantadas junto a base de dados estatísticos da ANAC. Esta variável corresponde ao total de passageiros pagantes transportados em cada uma das rotas, no período em análise.



Figura 17 – Resumo estatístico da variável dependente

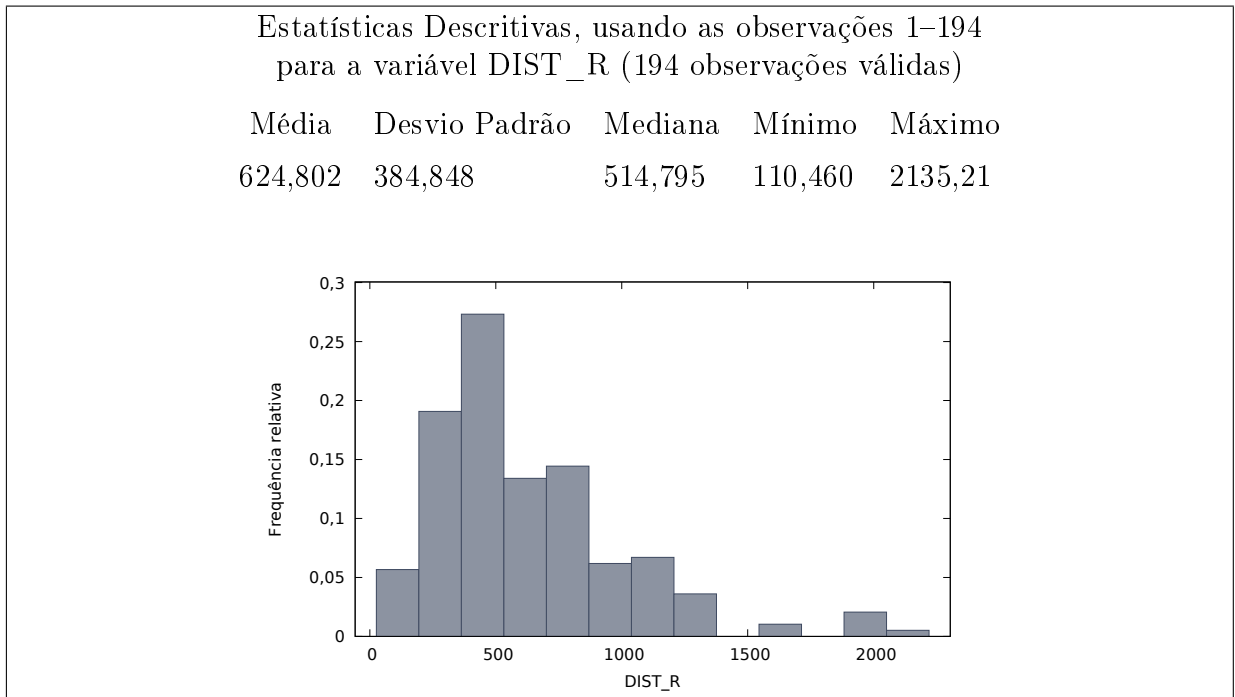


Fonte: Autor.

### 6.3.2 Variáveis independente

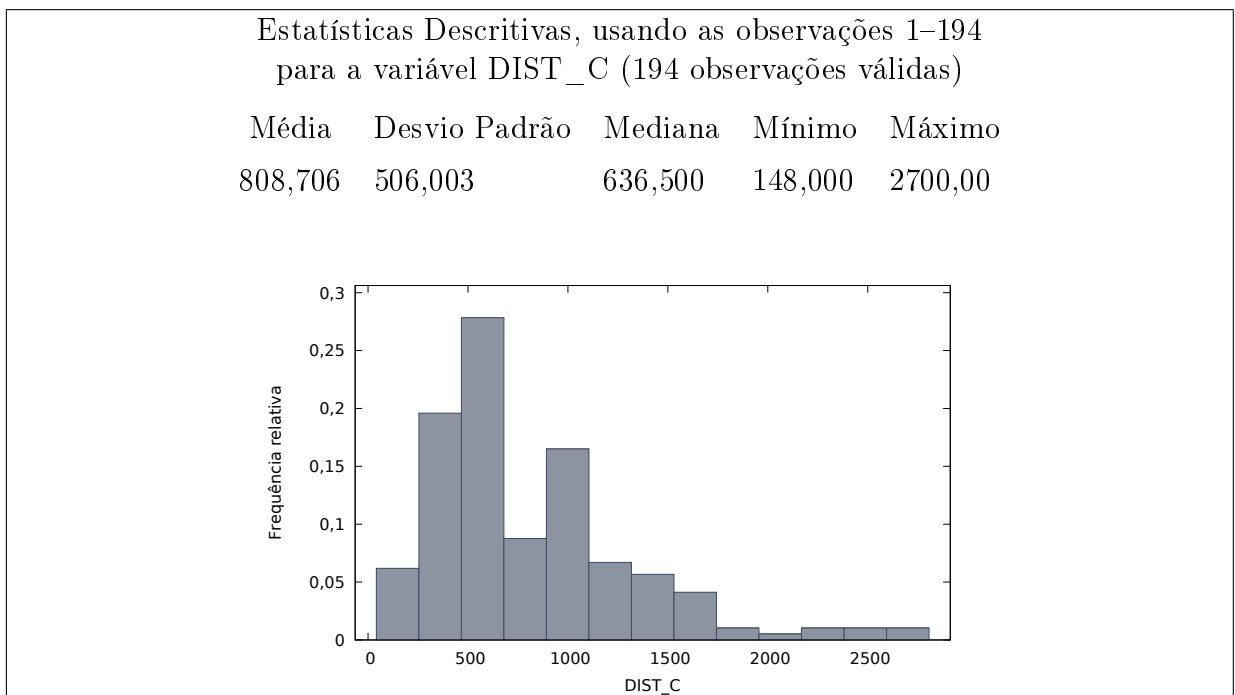
Distância em linha reta, de natureza contínua, estas informações foram levantadas por intermédio da ferramenta Google Earth. Corresponde a menor distância entre a origem e o destino das rotas, medida em quilômetros (km). Apresentada nos modelos como DIST\_R.

Figura 18 – Resumo estatístico da variável independente DIST\_R



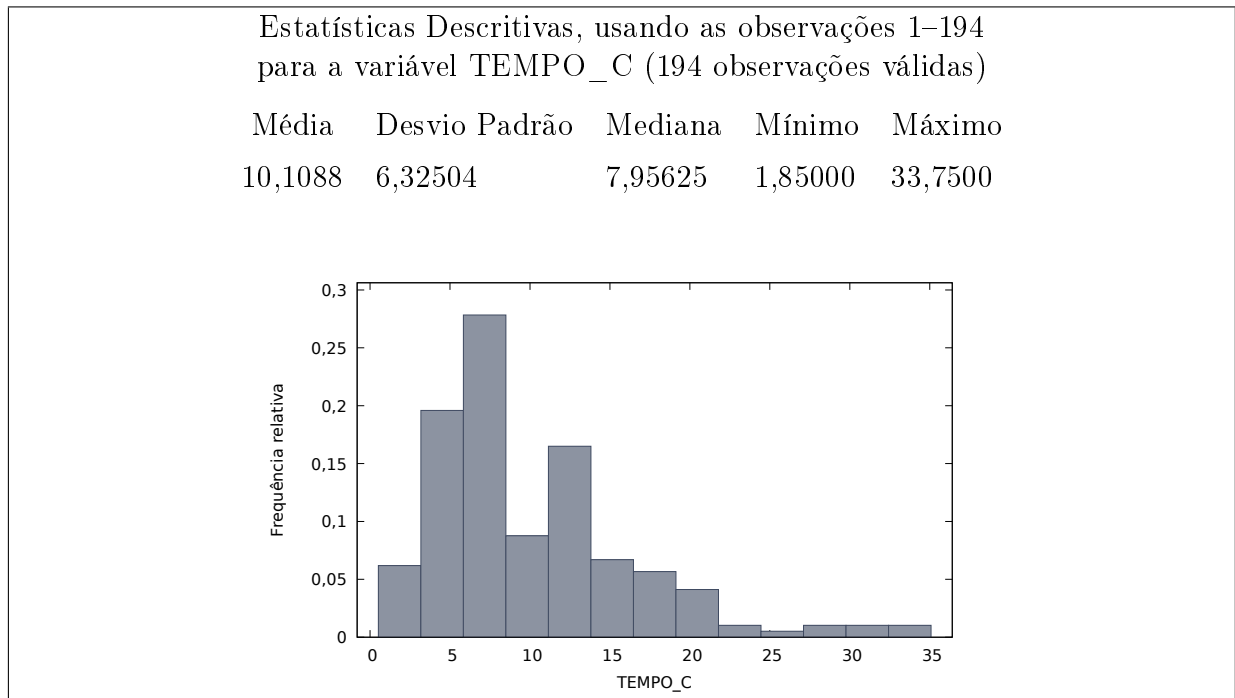
Distância em condução, de natureza contínua, estas informações foram levantadas por intermédio da ferramenta Google Earth. Corresponde a menor distância rodoviária entre a origem e o destino das rotas, medida em quilômetros (km). Apresentada nos modelos como DIST\_C.

Figura 19 – Resumo estatístico da variável independente DIST\_C



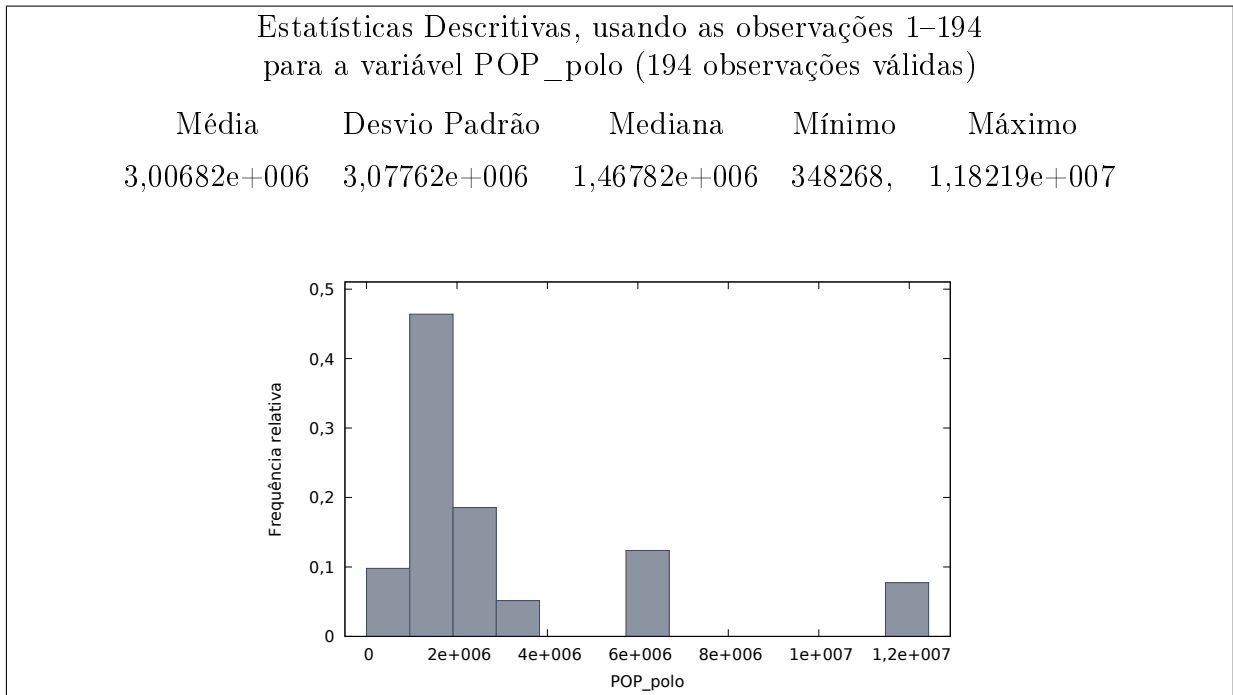
Tempo em condução, de natureza contínua, estas informações foram levantadas por intermédio da ferramenta Google Earth e manipuladas utilizando planilha eletrônica. Corresponde ao tempo em condução pela menor distância rodoviária entre a origem e o destino das rotas, considerando uma velocidade média de 80km/h. Apresentada nos modelos como TEMPO\_C.

Figura 20 – Resumo estatístico da variável independente TEMPO\_C



População do município polo da rota, de natureza contínua, estas informações foram levantadas junto ao banco de dados @Cidades do IBGE. Corresponde ao número de habitantes do município polo no período em análise. Apresentada nos modelos como POP\_polo.

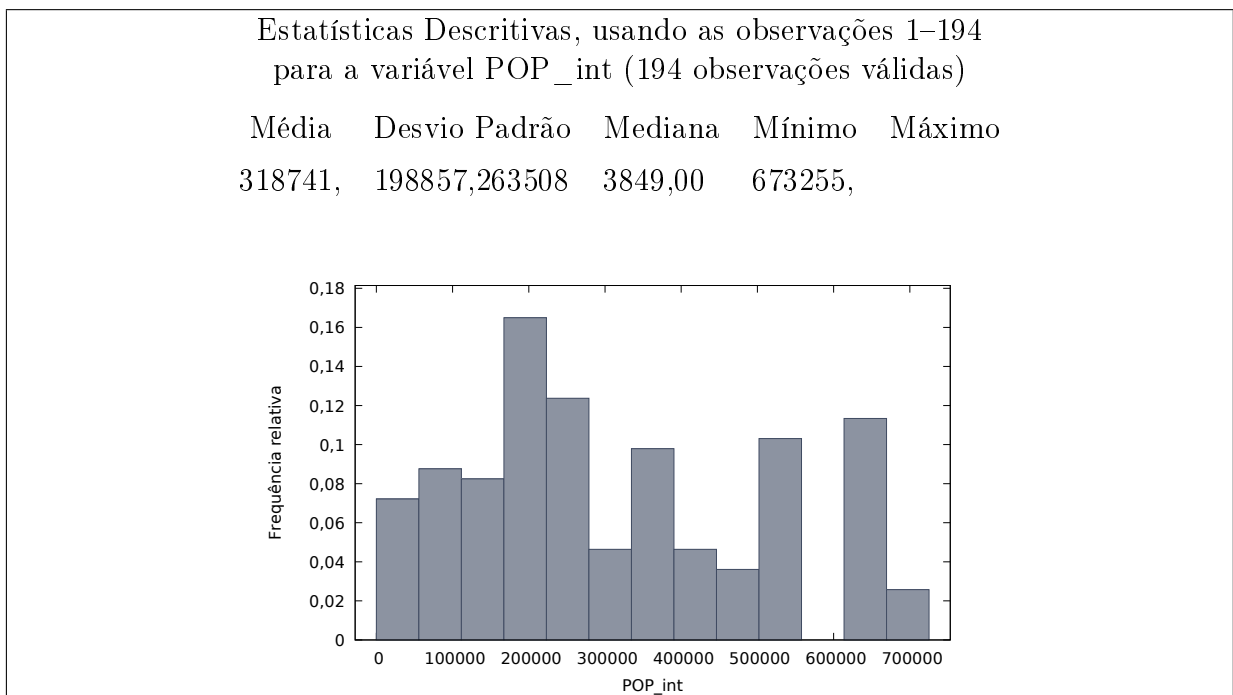
Figura 21 – Resumo estatístico da variável independente POP\_polo



Fonte: Autor.

População do município do interior da rota, de natureza contínua, estas informações foram levantadas junto ao banco de dados @Cidades do IBGE. Corresponde ao número de habitantes do município do interior no período em análise. Apresentada nos modelos como POP\_int.

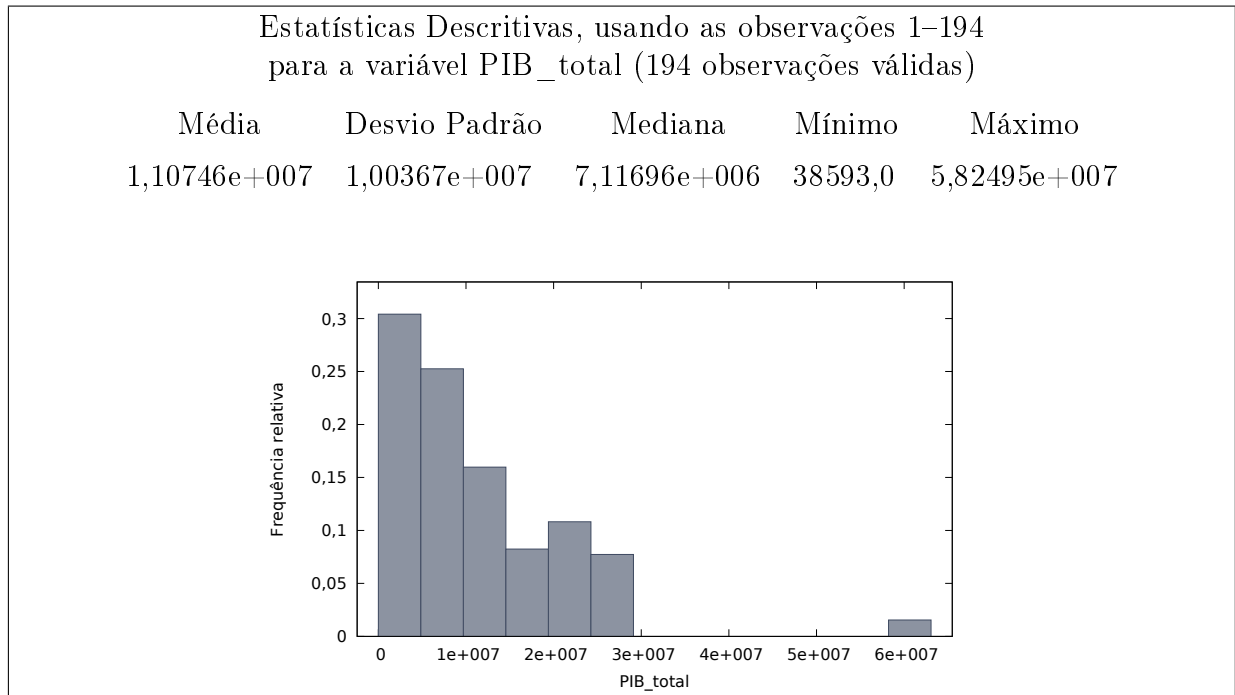
Figura 22 – Resumo estatístico da variável independente POP\_int



Fonte: Autor.

PIB total do município do interior da rota, de natureza contínua, estas informações foram levantadas junto ao banco de dados @Cidades do IBGE. Corresponde ao Produto Interno Bruto do município do interior no período em análise. Apresentada nos modelos como PIB\_total.

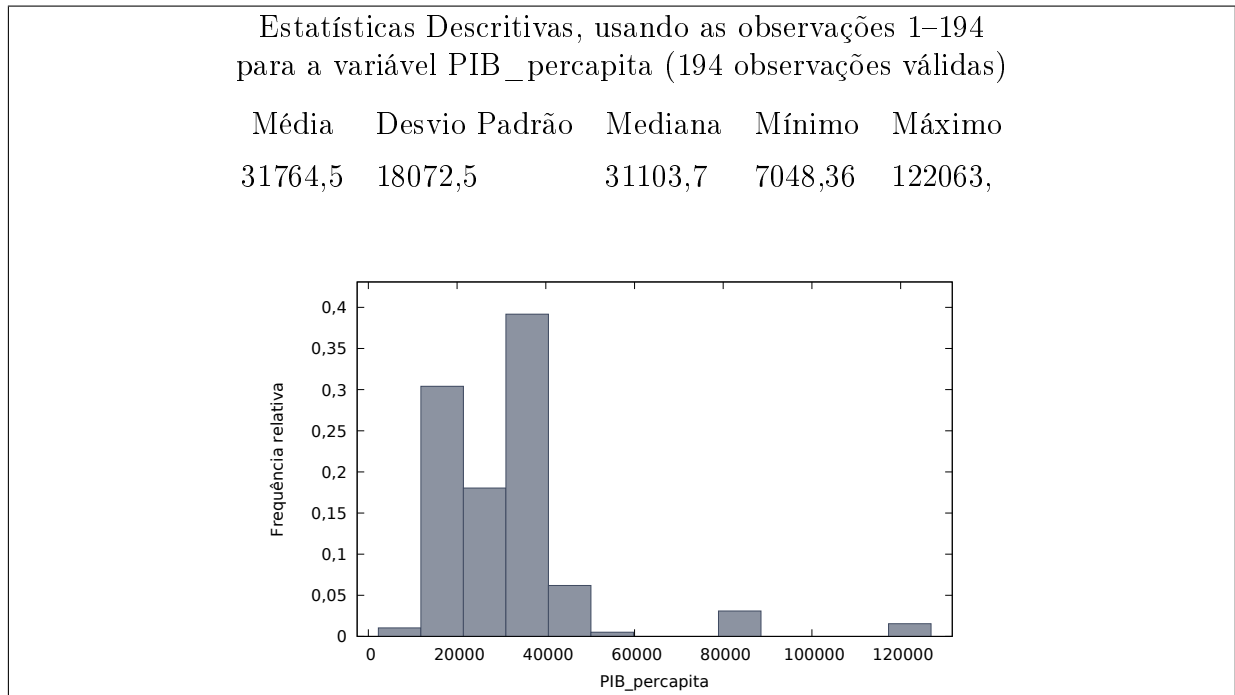
Figura 23 – Resumo estatístico da variável independente PIB\_total



Fonte: Autor.

PIB per capita do município do interior da rota, de natureza contínua, estas informações foram levantadas junto ao banco de dados @Cidades do IBGE. Corresponde ao Produto Interno Bruto per capita do município do interior no período em análise. Apresentada nos modelos como PIB\_percapita.

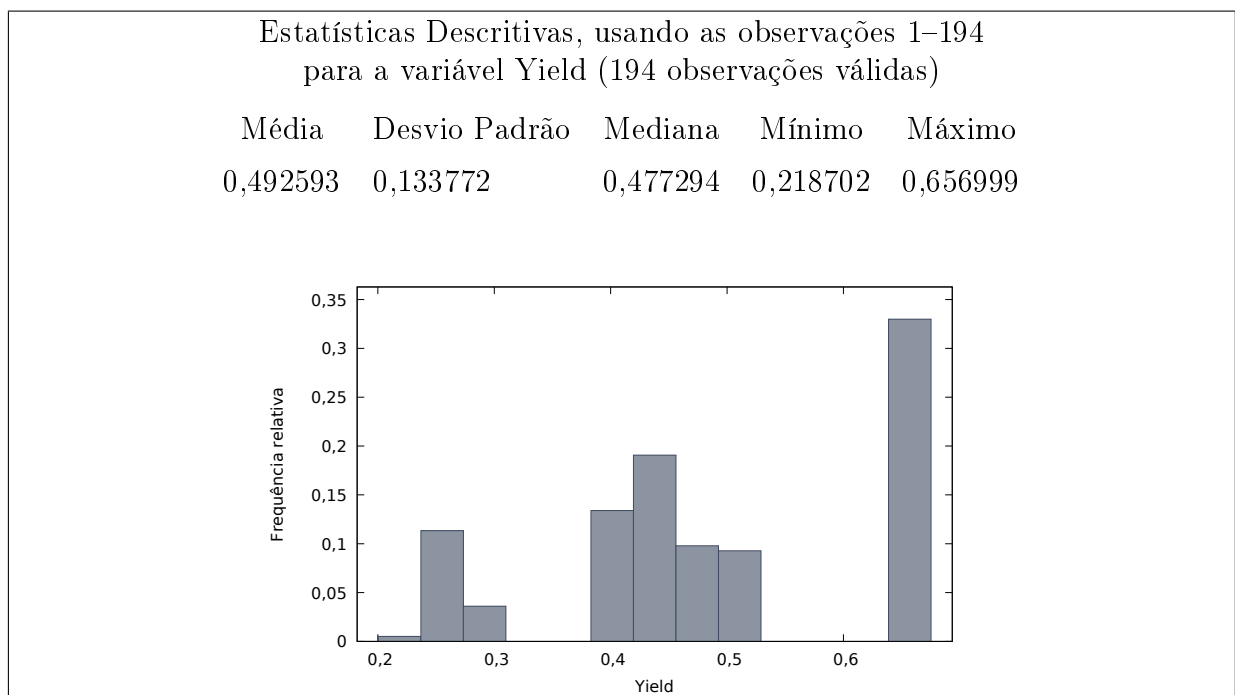
Figura 24 – Resumo estatístico da variável independente PIB\_per capita



Fonte: Autor.

Yield, de natureza contínua, apresentada nos modelos como Yield, estas informações foram levantadas junto a base de dados estatísticos da ANAC. Esta variável corresponde ao valor médio pago por um passageiro para voar um quilômetro (R\$/km), por rota no período em análise.

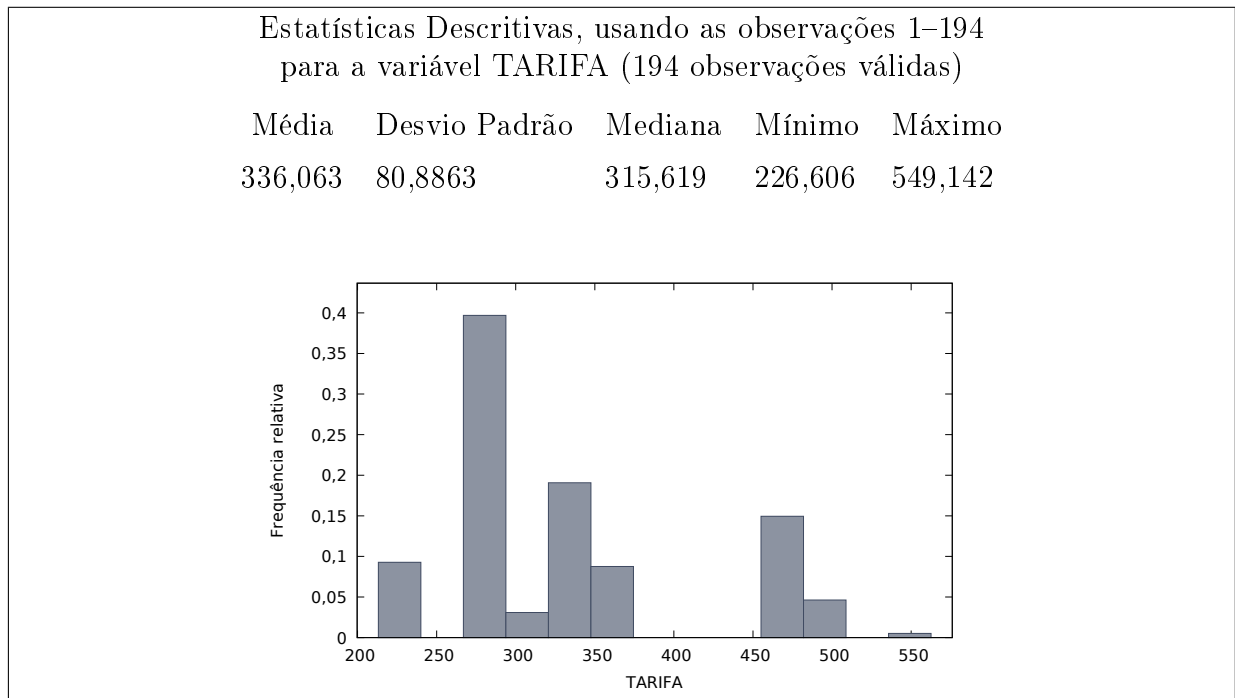
Figura 25 – Resumo estatístico da variável independente Yield



Fonte: Autor.

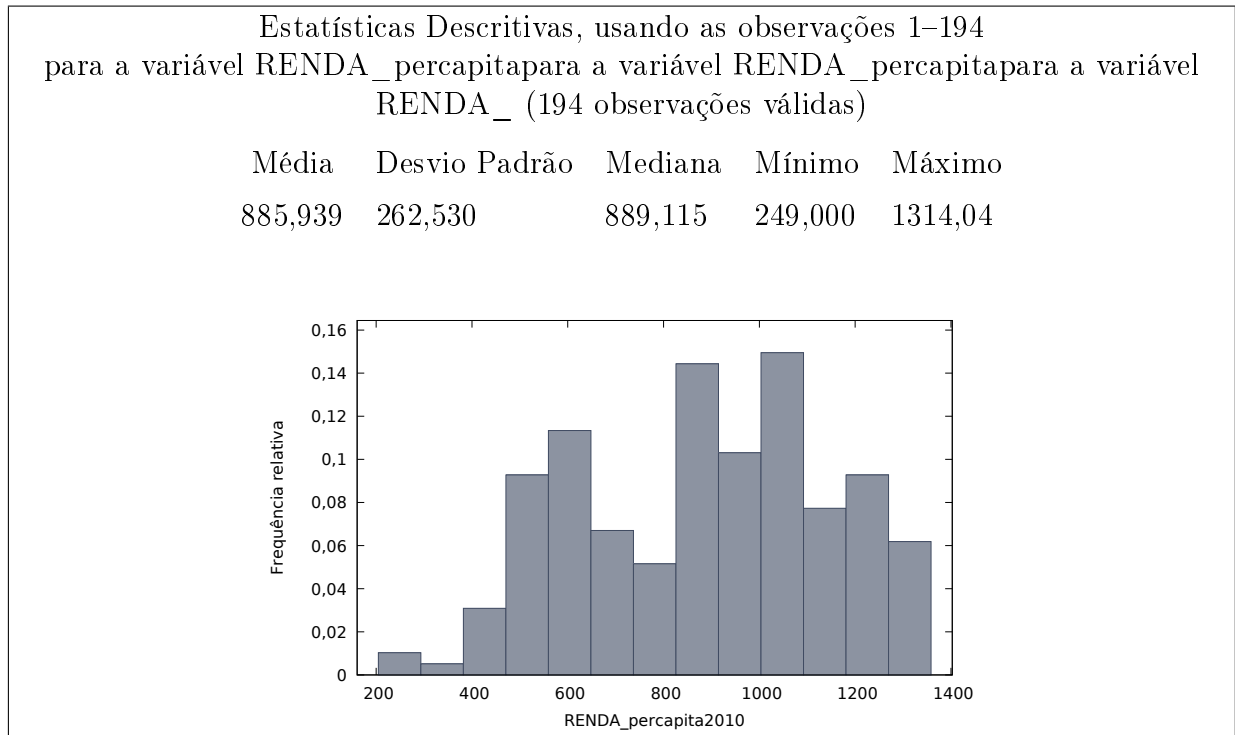
Tarifa da passagem, de natureza contínua, apresentada nos modelos como TARIFA, estas informações foram levantadas junto a base de dados estatísticos da ANAC. Esta variável corresponde ao valor pago por um passageiro para voar, por rota no período em análise (R\$) .

Figura 26 – Resumo estatístico da variável independente TARIFA



Renda per capita do município do interior da rota, de natureza contínua, estas informações foram levantadas junto ao banco de dados Atlas do desenvolvimento humano do IPEA em parceria com a ONU. Corresponde a razão entre o somatório da renda de todos os indivíduos residentes em domicílios particulares permanentes e o número total desses indivíduos (R\$). Apresentada nos modelos como RENDA\_percapita2010.

Figura 27 – Resumo estatístico da variável independente RENDA\_percapita2010

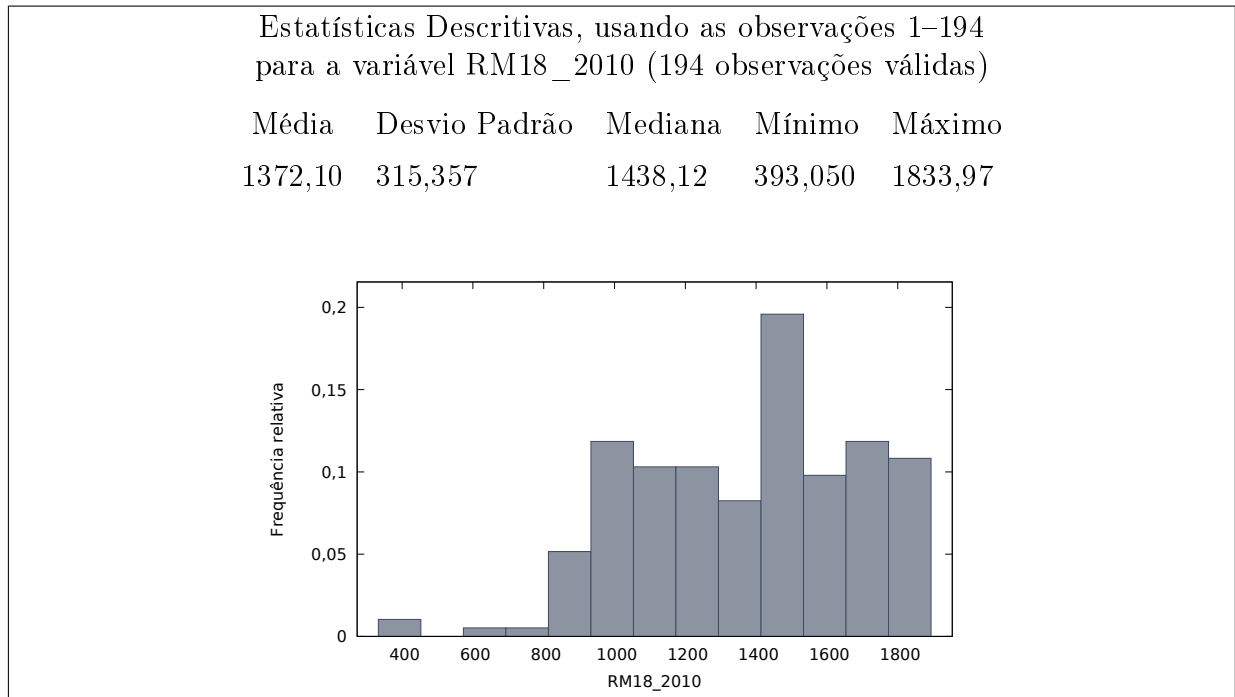


Fonte: Autor.

Renda pessoas ocupadas maiores de 18 anos, do município do interior da rota, de natureza contínua, estas informações foram levantadas junto ao banco de dados Atlas do desenvolvimento humano do IPEA em parceria com a ONU. Corresponde a renda média dos indivíduos com idade superior a 18 anos, com ocupação, residentes em domicílios particulares permanentes do município do interior da rota (R\$). Apresentada nos modelos como RM18\_2010.

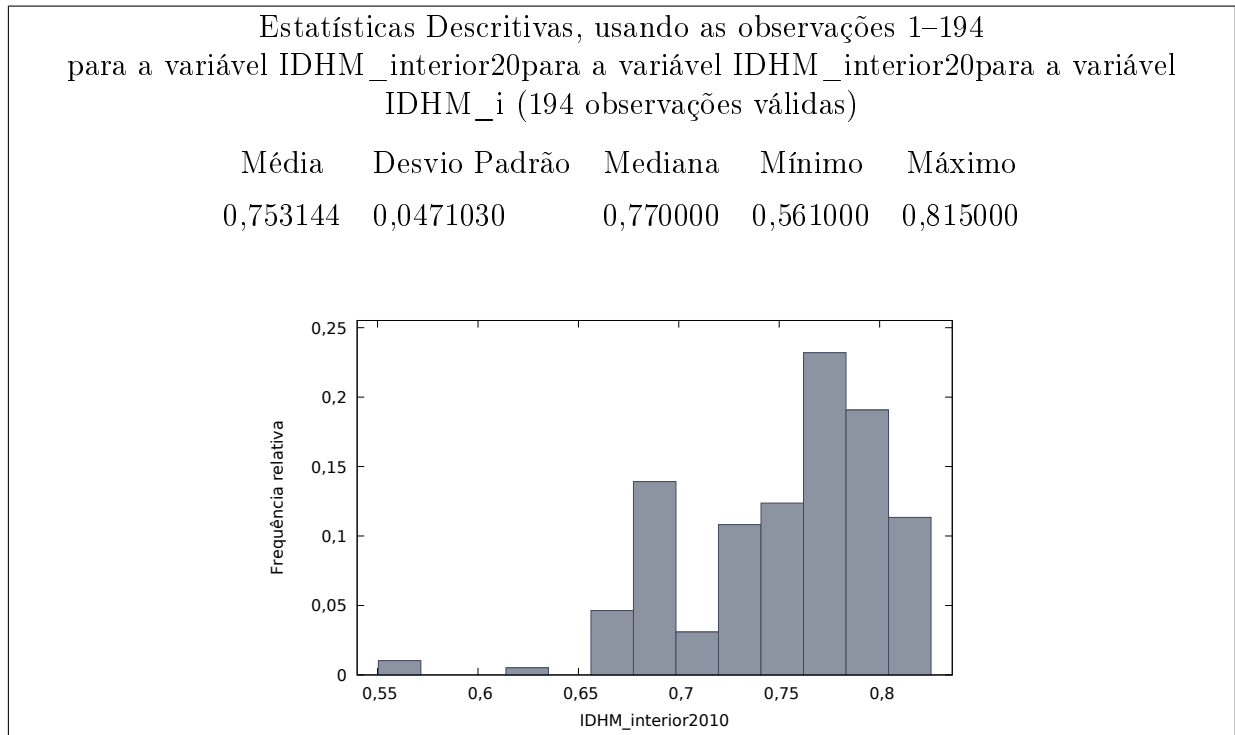


Figura 28 – Resumo estatístico da variável independente RM18\_2010



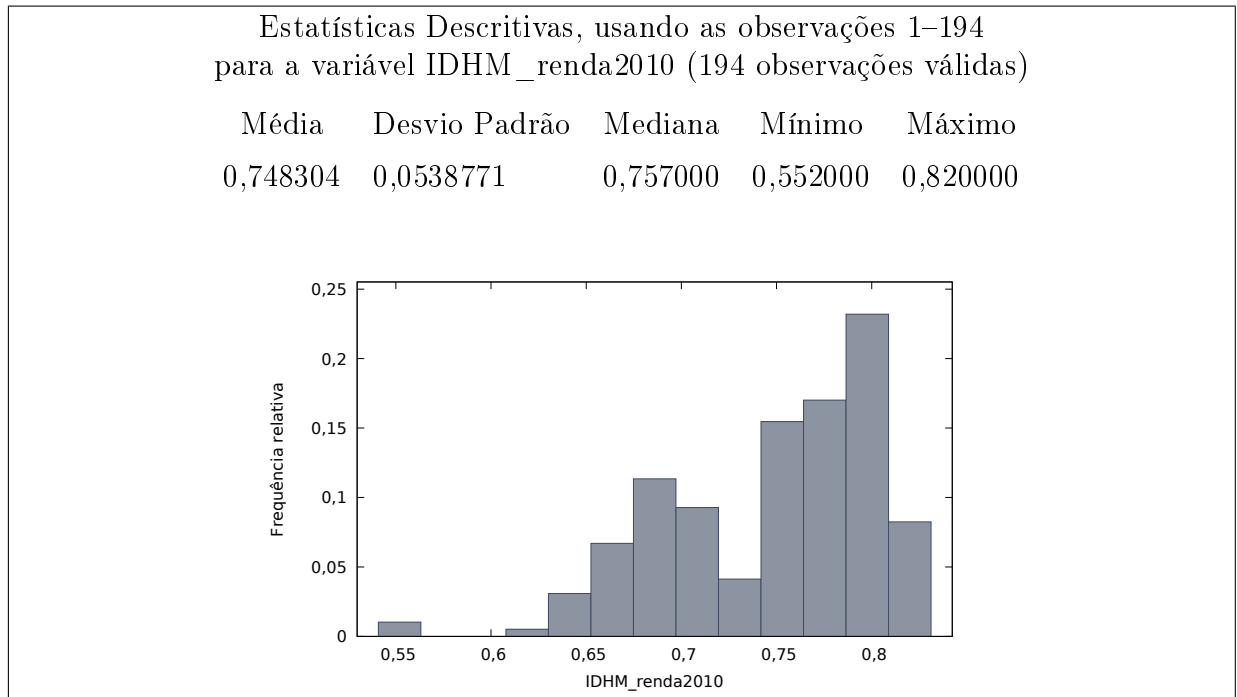
Índice de desenvolvimento humano do município do interior da rota, de natureza contínua, estas informações foram levantadas junto ao banco de dados Atlas do desenvolvimento humano do IPEA em parceria com a ONU. Corresponde a média geométrica dos índices das dimensões Renda, Educação e Longevidade, com pesos iguais.. Apresentada nos modelos como IDHM\_interior2010.

Figura 29 – Resumo estatístico da variável independente IDHM\_interior2010



Índice da dimensão renda do município do interior da rota, de natureza contínua, estas informações foram levantadas junto ao banco de dados Atlas do desenvolvimento humano do IPEA em parceria com a ONU. Corresponde a um dos componentes do IDHM, é obtido a partir do indicador de renda per capita. Apresentada nos modelos como IDHM\_renda2010.

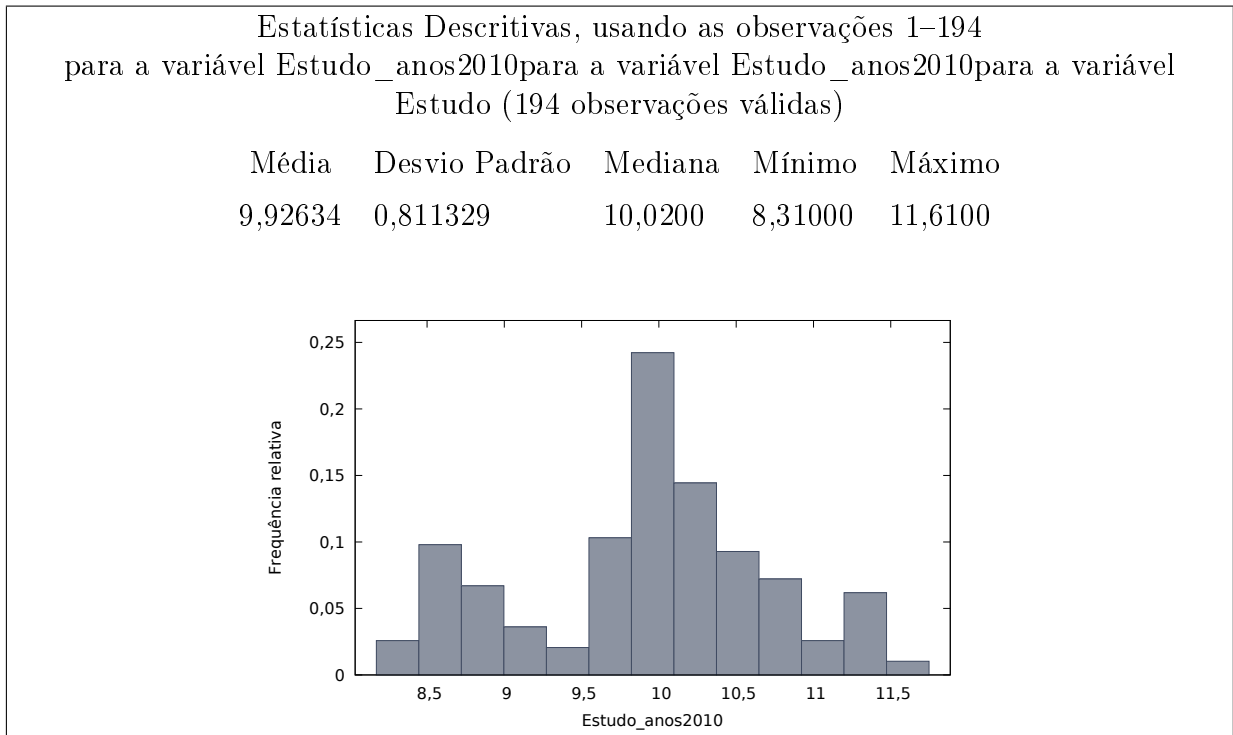
Figura 30 – Resumo estatístico da variável independente IDHM\_renda2010



Fonte: Autor.

Expectativa de anos de estudos dos habitantes do município do interior da rota, de natureza contínua, estas informações foram levantadas junto ao banco de dados Atlas do desenvolvimento humano do IPEA em parceria com a ONU. Corresponde ao número médio de anos de estudo que uma geração de crianças que ingressa na escola deverá completar ao atingir 18 anos de idade, se os padrões atuais se mantiverem ao longo de sua vida escolar. Apresentada nos modelos como ESTUDOS\_anos2010.

Figura 31 – Resumo estatístico da variável independente ESTUDOS\_ anos2010



Fonte: Autor.

## 6.4 Modelagem

Após uma análise descritiva do banco de dados, iniciou-se a busca pelo modelo estatístico de previsão da demanda. Para tal, devido ao grande número de variáveis candidatas, foi necessário aplicar uma técnica que investigasse e fornecesse um embasamento para a filtragem deste banco de dados.

Assim, aplicamos a técnica de Regressão *Backward*, onde iniciamos com um modelo de regressão linear múltipla, na forma da Equação 4.3  $y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + u_i$ , composto por todas as variáveis que perfazem o banco de dados. Então foi avaliado, por intermédio do *p-valor* (Apresentado entre colchetes nas Tabelas) de cada variável do modelo, qual era estatisticamente mais insignificante. Ou seja, qual possui o maior *p-valor*, indicando que esta variável tem maior probabilidade de assumir o valor zero. Então esta, era eliminada, e um novo modelo de regressão linear múltipla gerado sem a presença da mesma, assim foi feito até que restasse apenas uma variável.

Este processo, permitiu um ranqueamento das variáveis, atingindo o objetivo de identificar quais são as variáveis mais relevantes para a predição do volume de passageiros em uma rota de transporte aéreo regional. Na Tabela 3 estão apresentados o ranqueamento da variáveis por meio da ordem de eliminação, sendo a primeira a mais importante e a ultima a menos. Já as informações referentes a todos os modelos gerados no processo de Regressão *Backward* estão nas Tabelas 4 a 6.

Tabela 3 – Ranqueamento de relevância estatística das variáveis.

Relevância	Variável
1 <sup>a</sup>	<i>RM18_2010</i>
2 <sup>a</sup>	<i>POP_polo</i>
3 <sup>a</sup>	<i>REND_per capita2010</i>
4 <sup>a</sup>	<i>PIB_total</i>
5 <sup>a</sup>	<i>TARIFA</i>
6 <sup>a</sup>	<i>POP_int</i>
7 <sup>a</sup>	<i>IDHM_renda2010</i>
8 <sup>a</sup>	<i>YIELD</i>
9 <sup>a</sup>	<i>DIST_C</i>
10 <sup>a</sup>	<i>IDHM_interior2010</i>
11 <sup>a</sup>	<i>Estudos_anos2010</i>
12 <sup>a</sup>	<i>PIB_per capita</i>
13 <sup>a</sup>	<i>DIST_R</i>
14 <sup>a</sup>	<i>Intercepto</i>

Fonte: Autor.

Tabela 4 – Modelos de Regressão - Método *Backward*

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>PAX_total</i>	<i>PAX_total</i>	<i>PAX_total</i>	<i>PAX_total</i>	<i>PAX_total</i>	<i>PAX_total</i>
<i>Intercepto</i>	-25790,8 [0,96]					
<i>DIST_R</i>	8,83390 [0,91]	9,33264 [0,90]				
<i>DIST_C</i>	-35,7760 [0,58]	-36,3482 [0,5679]	-29,37 [0,1806]	-30,55 [0,1600]	-28,316 [0,1893]	-29,4059 [0,1696]
<i>POP_polo</i>	4,66e + 011 [0,86]	0,0082*** [0,0004]	0,00831*** [0,0004]	0,00833*** [0,0003]	0,008289*** [0,0004]	0,008269*** [0,0004]
<i>POP_int</i>	4,66e + 011 [0,86]	0,0882 [0,4292]	0,08951 [0,4186]	0,1309** [0,0395]	0,128431** [0,0431]	0,119941** [0,0485]
<i>PIB_total</i>	-0,0013 [0,65]	-0,0012 [0,6499]	-0,00126 [0,6430]	-0,002377* [0,058]	-0,002577** [0,0370]	-0,002432*** [0,0417]
<i>PIB_percapita</i>	-0,5218 [0,65]	-0,5301 [0,6432]	-0,520682 [0,6474]			
<i>YIELD</i>	-90531,9 [0,36]	-91797,0 [0,3412]	-92474,4 [0,3355]	-96481,9 [0,3119]	-115788 [0,2126]	-126874 [0,1578]
<i>TARIFA</i>	-228,667 [0,14]	-228,287 [0,1310]	-229,848 [0,1259]	-224,834 [0,1324]	-245,07* [-245,077]	-241,964 [0,1002]
<i>RENDAPercapita2010</i>	-324,621* [0,08]	-314,043*** [0,0064]	-313,840*** [0,0063]	-304,919*** [0,0069]	-278,096** [0,0103]	-264,96** [0,0113]
<i>RM18_2010</i>	184,609* [0,07]	184,879* [0,0599]	184,468* [0,0596]	170,762* [0,0662]	155,806* [0,0879]	156,132* [0,0866]
<i>IDHM_interior2010</i>	-607771 [0,39]	-580508 [0,3755]	-580874 [0,3739]	-604487 [0,3522]	-240369 [0,6322]	
<i>IDHM_renda2010</i>	796465 [0,48]	730879 [0,2096]	729799 [0,2089]	712545 [0,2179]	548310 [0,3161]	298873 [0,0687]
<i>Estudos_anos2010</i>	11698,3 [0,51]	11047,7 [0,5085]	11245,9 [0,4976]	13795,9 [0,3761]		
<i>R<sup>2</sup></i>	0,126999	0,424318	0,424275	0,423611	0,421131	0,420408
<i>R<sup>2</sup> ajustado</i>	0,058720	0,386152	0,389478	0,392114	0,392816	0,395344
<i>F Statistic</i>	1,859995	10,26229	11,17692	12,22671	13,38610	14,90999
<i>P value (F)</i>	0,033483	4,69e - 16	1,37e - 16	4,18e - 17	1,59e - 17	4,43e - 18

Erros padrões entre colchetes; representação *p - value*: \*\*\* $p < (0,01)$ , \*\* $p < (0,05)$ , \* $p < (0,10)$ .

Fonte: Autor.

Tabela 5 – Modelos de Regressão - Método *Backward*

	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
	<i>PAX_total</i>	<i>PAX_total</i>	<i>PAX_total</i>	<i>PAX_total</i>	<i>PAX_total</i>	<i>PAX_total</i>
<i>Intercepto</i>						
<i>DIST_R</i>						
<i>DIST_C</i>						
<i>POP_polo</i>	0,0080731*** [0,0005]	0,00792054*** [0,0006]	0,00825388*** [0,0003]	0,0083589*** [0,0003]	0,00796283*** [0,0006]	0,00780810*** [0,0007]
<i>POP_int</i>	0,113258* [0,0621]	0,115011* [0,0582]	0,101508* [0,0907]			
<i>PIB_total</i>	-0,0022935* [0,0544]	-0,00255754** [0,0284]	-0,00270706** [0,0202]	-0,00137383 [0,1089]	-0,000954723 [0,2431]	
<i>PIB_percapita</i>						
<i>YIELD</i>	-88843,6 [0,2990]					
<i>TARIFA</i>	-322,02** [0,0179]	-220,521** [0,0189]	-139,943* [0,0567]	-115,544 [0,1098]		
<i>RENDAPercapita2010</i>	-254,033** [0,0150]	-242,490** [0,0195]	-257,244** [0,0130]	-216,342** [0,0322]	-128,448 [0,1296]	145,099* [0,0830]
<i>RM18_2010</i>	155,219* [0,0892]	167,908* [0,0638]	231,918*** [0,0031]	212,280*** [0,0064]	125,571** [0,0240]	128,549** [0,0209]
<i>IDHM_interior2010</i>						
<i>IDHM_renda2010</i>	268336* [0,0996]	131114 [0,1669]				
<i>Estudos_anos2010</i>						
<i>R<sup>2</sup></i>	0,414452	0,411037	0,404971	0,395821	0,387567	0,383148
<i>R<sup>2</sup> ajustado</i>	0,392415	0,392140	0,389146	0,383034	0,377897	0,376689
<i>F Statistic</i>	16,456409	18,64388	21,32519	24,76420	30,05955	39,54559
<i>P value (F)</i>	2,57e - 18	9,55e - 19	4,94e - 19	3,76e - 19	2,23e - 19	6,33e - 20

Erros padrões entre colchetes; representação *p - value*: \*\*\**p* < (0,01), \*\**p* < (0,05), \**p* < (0,10).

Fonte: Autor.

Tabela 6 – Modelos de Regressão - Método *Backward*

	(13)	(14)
	<i>PAX_total</i>	<i>PAX_total</i>
<i>Intercepto</i>		
<i>DIST_R</i>		
<i>DIST_C</i>		
<i>POP_polo</i>	0,00227516*** [0,0005]	
<i>POP_int</i>		
<i>PIB_total</i>		
<i>PIB_percapita</i>		
<i>YIELD</i>		
<i>TARIFA</i>		
<i>RENDAPercapita2010</i>		
<i>RM18_2010</i>	6,94492*** [3,66e - 06]	50,3061*** [1,21e - 018]
<i>IDHM_interior2010</i>		
<i>IDHM_renda2010</i>		
<i>Estudos_anos2010</i>		
<i>R<sup>2</sup></i>	0,373339	0,332047
<i>R<sup>2</sup> ajustado</i>	0,370075	0,332047
<i>F Statistic</i>	57,19277	95,94236
<i>P value (F)</i>	3,27e - 20	1,21e - 18

Erros padrões entre colchetes; representação *p - value*: \*\*\**p* < (0,01), \*\**p* < (0,05), \**p* < (0,10).

Fonte: Autor.



Dentre o grupo de regressões linear estimadas no *Backward*, o modelo que estatisticamente teve maior significância, avaliando tanto a estatística  $R^2$ , quanto o número de variáveis significantes (com  $p\text{-valor} < 0,1$ ) é o modelo 9, composto por **POP\_polo**, **POP\_int**, **PIB\_total**, **TARIFA**, **RENDA\_percapita2010** e **RM18\_2010**.

Podemos, a partir das informações do modelo 9 encontradas na Tabela 5, escrever a sua forma funcional conforme a Equação 6.1.

$$PAX_{total} = POP_{polo} \times (0,00825388) + POP_{int} \times (0,101508) - PIB_{total} \times (0,00270706) - TARIFA \times (139,94) - RENDA_{percapita2010} \times (257,244) + RM18_{2010} \times (231,918) \quad (6.1)$$

Avaliando este modelo percebemos que ele possui um  $R^2$  de 40%, o que indica que este não se ajusta de maneira adequada a amostra. Sendo assim, não possui robustez para ser utilizado para previsão do volume de passageiros. Então, utilizando este mesmo conjunto de variáveis, tentamos o modelo exponencial, apresentado na Equação 6.2.

$$PAX_{total} = e^{\left( \begin{array}{l} POP_{polo} \times (1,21393e - 07) + POP_{int} \times (7,73491e - 07) \\ - PIB_{total} \times (7,18456e - 08) - TARIFA \times (0,00815697) \\ - RENDA_{percapita2010} \times (0,00885109) + RM18_{2010} \times (0,0111905) \end{array} \right)} \quad (6.2)$$

Sendo este um modelo não linear, utilizou-se o artifício da linearização do modelo exponencial, aplicando o logaritmo nos dois lados da equação. Obtendo-se o chamado modelo mono-log, onde a variável dependente  $PAX_{Total}$  é apresentada como  $l_{PAX_{total}}$  e para as variáveis independentes aplica-se a regra matemática, onde,  $\ln(e^x) = x$ . Logo, a Equação 6.3 apresenta este modelo. As informações referentes a esta regressão estão na Tabela 7.

$$l_{PAX_{total}} = POP_{polo} \times (0,00825388) + POP_{int} \times (0,101508) - PIB_{total} \times (0,00270706) - TARIFA \times (139,94) - RENDA_{percapita2010} \times (257,244) + RM18_{2010} \times (231,918) \quad (6.3)$$

Tabela 7 – Modelo Mono-log

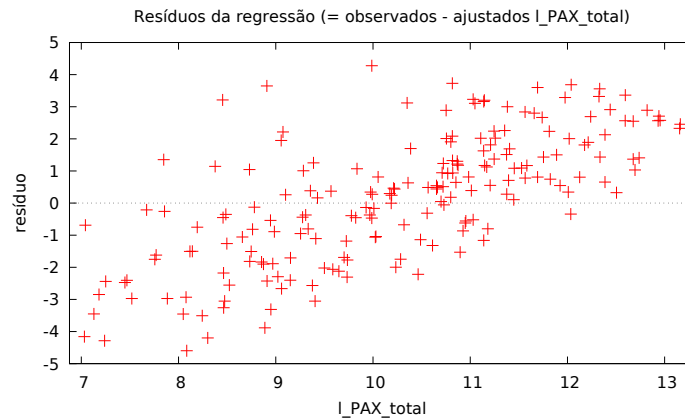
mono-log 1: MQO, usando as observações 1–194				
Variável dependente: l_PAX_total				
	Coefficiente	Erro Padrão	razão- <i>t</i>	p-valor
POP_polo	1,21393e-007	4,71638e-008	2,5739	0,0108
POP_int	7,73491e-007	1,24351e-006	0,6220	0,5347
PIB_total	-7,18456e-008	2,40669e-008	-2,9852	0,0032
TARIFA	0,00815697	0,00152009	5,3661	0,0000
RENDA_percapita2010	-0,00885109	0,00213774	-4,1404	0,0001
RM18_2010	0,0111905	0,00161457	6,9310	0,0000
Média var. dependente	10,24767	D.P. var. dependente	1,504621	
Soma resíd. quadrados	756,4173	E.P. da regressão	2,005865	
$R^2$	0,963651	$R^2$ ajustado	0,962684	
$F(6, 188)$	830,6771	P-valor( $F$ )	2,1e-132	
Log da verossimilhança	-407,2654	Critério de Akaike	826,5308	
Critério de Schwarz	846,1379	Hannan-Quinn	834,4702	

O  $R^2$  de 96%, poderia nos levar a concluir que este modelo explica com alto grau de ajustamento o comportamento da demanda por passageiros em linhas aéreas regionais. Entretanto, uma série de outras hipóteses precisam ser avaliadas. Primeiramente, encontramos um alto  $p$  – *valor* para a variável  $POP\_int$ , o que indica que esta não é significativa, pois o seu coeficiente possui grande probabilidade de assumir o valor zero, adicionalmente na variável  $RENDA\_percapita2010$  percebeu-se um elevado grau de correlação com a variável  $RM18\_2010$ , optando-se por descartá-la visto que consideramos mais significativa, neste caso, renda dos habitantes maiores de 18 anos.

Também, foi avaliada a homoscedasticidade dos resíduos da regressão. Para tal foi realizado o teste White (Tabela 8), onde verificou-se um  $p$  – *valor* do teste muito pequeno, indicando que o modelo não é homoscedástico, e confirmado visualmente pelo gráfico de dispersão dos resíduos contra a variável independente, Figura 32.

Tabela 8 – Teste de White Modelo Mono-log

<p>Teste de White para a heteroscedasticidade –  Hipótese nula: sem heteroscedasticidade  Estatística de teste: LM = 64,9085  com p-valor = <math>P(\chi^2(5) &gt; 64,9085) = 5,78834e-005</math></p>
---

Figura 32 – Gráfico de dispersão dos Resíduos vs  $l\_PAX\_total$ 

Fonte: Autor.

Dando sequência análises, foi então retirada do modelo Mono-Log a variável  $POP\_int$ , e refeito o processo de modelagem até localizar um modelo com robustez estatística e adicionalmente todas variáveis estatisticamente significantes. Ademais, foi feita uma troca de forma funcional para Log-Log, onde além da variável dependente, as demais variáveis dos modelos também foram transformadas para sua forma logarítmica. Esta mudança foi feita, pois o modelo Log-Log possui coeficientes com maior aplicação prática, indicando a elasticidade.

Transposto este caminho de análises, chegamos ao modelo final de previsão da demanda por passageiros em linhas aéreas regionais no Brasil. Este, possui as estatísticas apresentadas na Tabela 9 e com a forma funcional conforme a Equação 6.4.

$$l\_PAX\_total = l\_POP\_polo \times (0,286270) + l\_RM18\_2010 \times (0,845433) \quad (6.4)$$

Tabela 9 – Modelo Log-Log Final

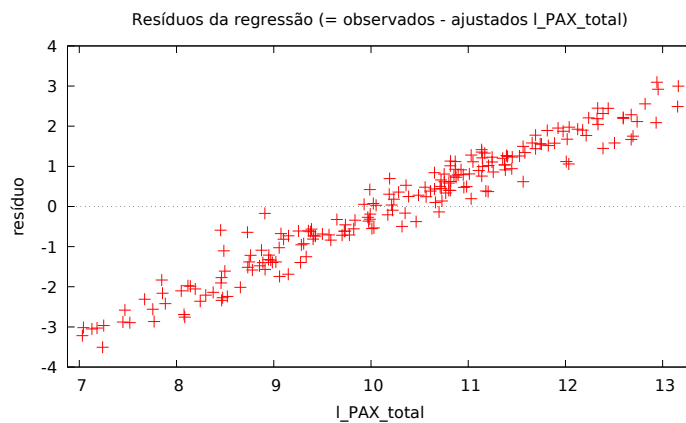
Modelo 43: MQO, usando as observações 1–194				
Variável dependente: $l\_PAX\_total$				
	Coefficiente	Erro Padrão	razão-t	p-valor
$l\_POP\_polo$	0,286270	0,111999	2,5560	0,0114
$l\_RM18\_2010$	0,845433	0,226469	3,7331	0,0002
Média var. dependente	10,24767	D.P. var. dependente		1,504621
Soma resíd. quadrados	442,0854	E.P. da regressão		1,517408
$R^2$	0,978756	$R^2$ ajustado		0,978645
$F(2, 192)$	4422,898	P-valor( $F$ )		2,6e-161
Log da verossimilhança	-355,1676	Critério de Akaike		714,3352
Critério de Schwarz	720,8710	Hannan-Quinn		716,9817

Avaliando o modelo final, percebemos que ele possui alto grau de ajustamento com  $R^2$  de 97%. Este, também possui todas as variáveis com significância estatística e é homoscedástico conforme pode ser confirmado tanto visualmente na Figura 33, quanto pelo teste de White apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Teste de White Modelo Mono-log

Teste de White para a heteroscedasticidade –  
 Hipótese nula: sem heteroscedasticidade  
 Estatística de teste: LM = 9,71211  
 com p-valor =  $P(\chi^2(5) > 9,71211) = 0,0838158$

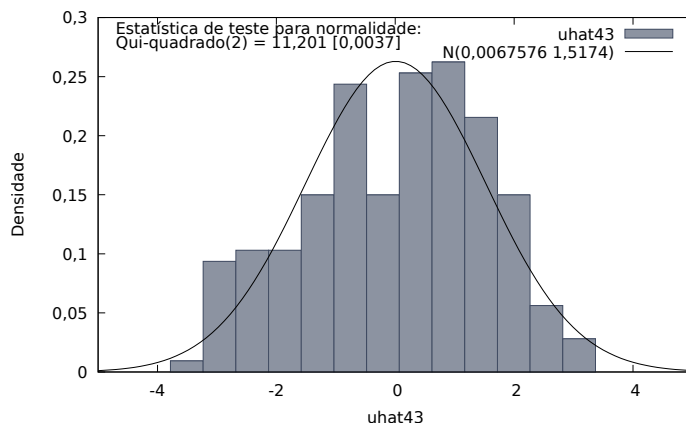
Figura 33 – Gráfico de dispersão dos Resíduos vs  $l\_PAX\_total$  Modelo Final



Fonte: Autor.

Finalmente, foi avaliado a normalidade dos resíduos. Para tal, utilizou-se a análise gráfica conjuntamente com o teste estatístico que confirmou a hipótese, as informações estão na Figura 34.

Figura 34 – Gráfico de dispersão dos Resíduos vs  $l\_PAX\_total$  Modelo Final



Fonte: Autor.

A interpretação dos coeficientes do modelos final é a seguinte, a elasticidade de  $PAX_{total}$  com respeito a  $RM18_{2010}$  é 0,84 e a  $POP_{polo}$  é 0,28. Ou seja, um aumento de 1% em  $l_{PAX_{total}}$  implica em um aumento de 0,84% em  $RM18_{2010}$  e de 0,28% em  $POP_{polo}$ .

Como sempre é possível encontrar resultados que mesmo com relações estatisticamente significantes podem ser insignificantes na prática, por isto partimos para uma análise lógica dos resultados. Analisando-se a variável dependente e suas relações esperadas com as variáveis independentes, os resultados parecem fazer sentido. Aumento em  $POP_{polo}$  e em  $RM18_{2010}$ , causa aumento em  $PAX_{total}$ .

## 7 Conclusão

Os modelos estimados nesse estudo tinham como finalidade observar a demanda de passageiros por transporte aéreo regional no Brasil. Conseguimos construir um modelo satisfatório, atendendo nosso objetivo inicial.

O estudo bibliográfico realizado sobre o setor de transporte aéreo brasileiro nos permitiu avaliar quais fatores sociais e geoeconômicos teriam relações com a demanda nesse mercado. Em seguida, o livre acesso a estes dados nos permitiu construir um modelo, partindo de uma grande base de dados, o que leva a este ter uma maior solidez.

O modelo final, construído nessa pesquisa tem a seguinte equação:

$$l\_PAX\_total = l\_POP\_polo \times (0,286270) + l\_RM18\_2010 \times (0,845433)$$

Como mostrado no Capítulo 6, o modelo apresentou elevado ajuste dos dados, com  $R^2$  bastante alto de 97%. Além disto, atendeu todos os pressupostos abordados no Capítulo 4. Com destaque para, heterocedasticidade e a normalidades dos resíduos. Sendo assim, o modelo possui parâmetros controlados, e portanto as estimativas produzidas são eficientes. Ainda, como dito anteriormente, análise qualitativa é também muito importante e o nosso modelo faz sentido quando pensamos em nossas hipóteses para cada variável.

O aprendizado adquirido ao longo deste trabalho permite algumas sugestões que podem ser úteis para eventuais estudos futuros.

Com relação as variáveis sociais e geoeconômicas que caracterizam os municípios das rotas, é valido refletir sobre a possibilidade de serem utilizados raios de abrangência. Ou seja, somar as informações de todos os municípios que estão em um raio de 100 km, do município em análise. Isto pode agregar maior robustez a análise, pois é sabido que um aeroporto atende não apenas a comunidade do local onde esta inserido, como também das localidades que estão em seu entrono.

Cabe ressaltar também, que a variável *PIB* que é solidamente utilizada na literatura para prever o potencial da demanda em transporte aéreo, não foi relevante neste. Porém, isto vai de encontro a alguns estudo da literatura com [Rocha \(2010\)](#), que ao comparar o comportamento da demanda em rotas domésticas e em rotas regionais, percebeu que nas ultimas a influência do aumento do *PIB* sobre o aumento do tráfego não é tão intensa. Uma possível explicação para este fato, é que neste tipo de rota no Brasil ainda existe uma demanda reprimida, devido a carência de frequência de voos em boa parte destas.

O desenvolvimento deste estudo, possibilitou a ampliação no conhecimento não só de técnicas de análises de dados econômicos, mas também uma maior compreensão deste

setor tão relevante para a economia do país. Foi possível avaliar as grandes alterações no mercado aéreo brasileiro na última década, e o impacto que isto gerou no mercado como um todo. Ademais, o futuro ainda reserva grandes desafios para tornarem mais acessível, regionalizado e eficiente o transporte aéreo brasileiro.

## Referências

- ANAC. *Anuário do Transporte Aéreo*. [S.l.], 2014.
- DEMANT, M. A. Infraestrutura aeroportuária e o desenvolvimento do tráfego aéreo regional no Brasil. *Journal of Transport Literature*, v. 5, n. 1, p. 124–160, 2011.
- FOX, J. *Applied regression analysis and generalized linear models*. [S.l.]: Sage Publications, 2008.
- GARSON, D. G. *Statnotes: Topics in Multivariate Analysis*. 2011. Disponível em: <<http://faculty.chass.ncsu.edu/garson/PA765/statnote.html>>.
- GRASSELLI, C. C. *Um modelo econométrico de demanda de passageiros nas rotas domésticas da aviação comercial no Brasil*. 106 p. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2007.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. *Econometria Básica*. [S.l.]: AMGH Editora, 2011.
- HAIR, J. F. et al. *Análise multivariada de dados*. [S.l.]: Bookman Editora, 2009.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Panorama e Perspectivas para o Transporte Aéreo no Brasil e no Mundo: Eixos do desenvolvimento brasileiro*. [S.l.], 2010.
- JUNIOR, C. H. M.; OLIVEIRA, A. V. MArques de. *Aircraft size and type impacts on regional air transport demand*. 2015.
- KANAFANI, A. *Transportation demand analysis*. 1. ed. New York: McGraw-Hill, 1983.
- ORTÚZAR, J. de D.; SIMONETTI, C. Modelling the demand for medium distance air travel with the mixed data estimation method. *Journal of Air Transport Management*, Elsevier, v. 14, n. 6, p. 297–303, 2008.
- PEIXOTO, P. da S.  
*O uso de modelos econométricos em empresas* — Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2005.
- RIBEIRO, S. de C. *ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DO TRANSPORTE AÉREO REGIONAL NO BRASIL*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2011.
- ROCHA, G. C. Ensaio sobre a demanda do transporte aéreo regional. *Journal of Transport Literature*, v. 4, n. 1, 2010.
- ROSSI, J. W.; NEVES, C. das. *Econometria e séries temporais com aplicações a dados da economia brasileira*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: LTC, 2014. ISBN 9788521622826.
- SALGADO, L. H.; OLIVEIRA, A. V. Constituição do marco regulatório para o mercado brasileiro de aviação regional. *Nectar/ITA*, 2008. Disponível em: <<http://www.nectar.ita.br>>.



SALGADO, L. H.; VASSALLO, M. D.; OLIVEIRA, A. V. M. d. Regulação, políticas setoriais, competitividade e formação de preços: Considerações sobre o transporte aéreo no Brasil. *Journal of Transport Literature*, v. 4, n. 1, 2010.

SECRETARIA DE AVIAÇÃO CIVIL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. *O Brasil que voa: Perfil dos Passageiros Aeroportos e Rotas do Brasil*: Relatório executivo. [S.l.], 2014.

SIGAKI, A. H. O.

*Análise econométrica da evolução do transporte aéreo* — Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, Brasil, 2012.

SIMÕES, A. F. *O Transporte Aéreo Brasileiro no Contexto de Mudanças Climáticas Globais: Emissões de CO<sub>2</sub> e Alternativas de Mitigação*. 288 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

SIVRIKAYA, O.; TUNÇ, E. Demand forecasting for domestic air transportation in Turkey. *The Open Transportation Journal*, v. 7, n. 1, p. 20–26, 2013.

WALSH, T. Global experience in privatizing airports. *Asian Airlines & Aerospace, Kuala Lumpur, Malásia*, v. 10, p. 34–39, 2007.

WEISS, G. T.

*Análise microeconômica do setor aeronáutico e modelo de previsão de demanda do transporte aéreo* — Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, Brasil, 2012.

WIDMER, J. *Perspectivas de evolução do transporte aéreo regional no Brasil*. Tese (Doutorado) — COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1984.

WOOLDRIDGE, J. *Introductory econometrics: a modern approach*. [S.l.]: Thomson-SW, 2002.

# A Rotas dos polos da região Sul

Tabela 11 – Rotas dos polos da região Sul.

Cidade Polo	UF Polo	Cidade Interior	UF interior
Porto Alegre	RS	Foz do Iguaçu	PR
		Navegantes	SC
		Porto Seguro	BA
		Joinvile	SC
		Maringá	PR
		Chapecó	SC
		Pelotas	RS
		Londrina	PR
		Passo Fundo	RS
		Santa Maria	RS
		Rio Grande	RS
		Santa Rosa	RS
Florianópolis	SC	Chapecó	SC
Curitiba	PR	Foz do Iguaçu	PR
		Maringá	PR
		Cascavel	PR
		Forquilha	SC
		Caxias do Sul	RS
		Londrina	PR
		Rondonópolis	MT
		São José dos Campos	SP

## B Rotas dos polos da região Centro-Oeste

Tabela 12 – Rotas dos polos da região Centro-Oeste.

Cidade Polo	UF Polo	Cidade Interior	UF interior
Brasília	DF	Ribeirão Preto	SP
		Uberlândia	MG
		Uberaba	MG
		Barreiras	BA
		Imperatriz	MA
		Juazeiro do Norte	CE
		Foz do Iguaçu	PR
		Petrolina	PE
		Chapecó	SC
		Ilhéus	BA
		Vitória da Conquista	BA
		Sinop	MT
		Londrina	PR
Campo Grande	MS	Ribeirão Preto	SP
		Corumbá	MS
		Maringá	PR
		Londrina	PR
Goiânia	GO	Porto Seguro	BA
		Ribeirão Preto	SP
		Uberlândia	MG
		Rio Verde	GO
Cuiabá	MT	Ribeirão Preto	SP
		Maringá	PR
		Londrina	PR
		São José do Rio Preto	SP
		Alta Floresta	MT
		Foz do Iguaçu	PR
		Rondonópolis	MT
		Sinop	MT
Uberlândia	MG		

## C Rotas dos polos da região Sudeste

Tabela 13 – Rotas dos polos da região Sudeste.

Cidade Polo	UF Polo	Cidade Interior	UF interior
Belo Horizonte	MG	Araxá	MG
		Cabo Frio	RJ
		Governador Valadares	MG
		Santana do Paraíso	MG
		Montes Claros	MG
		Uberlândia	MG
		Uberaba	MG
		Patos de Minas	MG
		Ribeirão Preto	SP
		Juiz de Fora	MG
		Varginha	MG
Confins	MG	Santa do Paraíso	MG
		Porto Seguro	BA
		Vitória da Conquista	BA
		Ribeirão Preto	SP
		Uberlândia	MG
		Uberaba	MG
		Montes Claros	MG
		Ilhéus	BA
		Navegantes	SC
		Juiz de Fora	MG
		São José dos Campos	SP
São Paulo	SP	Porto Seguro	BA
		Arealva	SP
		Chapecó	SC
		Caxias do Sul	RS
		Presidente Prudente	SP
		Foz do Iguaçu	PR
		Joinville	SC
		Londrina	PR
		Maringá	PR
		Montes Claros	MG
		Navegantes	SC
		Uberlândia	MG
		Ilhéus	BA
		Ribeirão Preto	SP
São José do Rio Preto	SP		

Cidade Polo	UF Polo	Cidade Interior	UF interior
Campinas	SP	Arealva	SP
		Araçatuba	SP
		Cascavel	SC
		Chapecó	SC
		Caldas Novas	GO
		Caxias do Sul	RS
		Presidente Prudente	SP
		Foz do Iguaçu	PR
		Ilhéus	BA
		Juazeiro do Norte	CE
		Joinville	SC
		Londrina	PR
		Maringá	PR
		Marília	SP
		Navegantes	SC
		Petrolina	PE
		Porto Seguro	BA
		Ribeirão Preto	SP
		São José dos Campos	SP
		São José do Rio Preto	SP
		Uberlândia	MG
		Uberaba	MG
		Goianá	MG
		Dourados	MS
		Forquilha	SC
		Bonito	MS
		Cabo Frio	RJ
		Juiz de Fora	MG
		Passo Fundo	RS
		Araraquara	SP
		Macaé	RJ
		Varginha	MG
Rio Verde	GO		
Rondonópolis	MT		
Montes Claros	MG		
Araxá	MG		

Cidade Polo	UF Polo	Cidade Interior	UF interior
Guarulhos	SP	Navegantes	SC
		Caxias do Sul	RS
		Ilhéus	BA
		Araçatuba	SP
		Bonito	MS
		Santana do Paraíso	MG
		São José do Rio Preto	SP
		Rondonópolis	MT
		Foz do Iguaçu	PR
		Campina Grande	PB
		Londrina	PR
		Maringá	PR
		Petrolina	PE
		Porto Seguro	BA
		Chapecó	SC
		Juazeiro do Norte	CE
		Joinville	SC
		Uberlândia	MG
		Passo Fundo	RS
		Vitória da Conquista	BA
		Ribeirão Preto	SP
		Três Lagoas	MS
		Cascavel	PR
Araxá	MG		
Forquilha	SC		
Juiz de Fora	MG		
Vitória	ES	Ilhéus	BA
		Macaé	RJ
		Campos dos Goytacazes	RJ
		Governador Valadares	MG
		Santana do Paraíso	MG

Cidade Polo	UF Polo	Cidade Interior	UF interior
Rio de Janeiro	RJ	Navegantes	SC
		Ribeirão Preto	SP
		Uberlândia	MG
		São José dos Campos	SP
		Londrina	PR
		Maringá	PR
		Campos do Goytacazes	RJ
		Macaé	RJ
		Foz do Iguaçu	PR
		Porto Seguro	BA
		Campina Grande	PB
		Joinville	SC
		Navegantes	SC
		São José do Rio Preto	SP
		Ilhéus	BA
		Juiz de Fora	MG

## D Rotas dos polos da região Nordeste

Tabela 14 – Rotas dos polos da Região Nordeste.

Cidade Polo	UF Polo	Cidade Interior	UF interior
Recife	PE	Campina Grande	PB
		Juazeiro do Norte	CE
		Petrolina	PE
Salvador	BA	Ilhéus	BA
		Petrolina	PE
		Lençóis	BA
		Porto Seguro	BA
		Vitória da Conquista	BA
		Barreiras	BA
		Campina Grande	PB
		Juazeiro do Norte	CE
		Ribeirão Preto	SP
		Montes Claros	MG
Fortaleza	CE	Juazeiro do Norte	CE
São Luís	MA	Imperatriz	MA