



ANÁLISE DE MEDIDAS DE CENTRALIDADE APLICADA AO FLUXO AÉREO DE PASSAGEIROS NO BRASIL FRENTE À PANDEMIA DE COVID-19

Pâmela de Carvalho Marques Silva (Universidade Federal Fluminense) pamelacarvalho@id.uff.br
Fabrício Maione Tenório (Universidade Federal Fluminense) fabriciomte@gmail.com
Renata Raposo Del Vecchio (Universidade Federal Fluminense) rrdelvecchio@id.uff.br

Resumo

O presente artigo tem como objetivo analisar o impacto da pandemia de COVID-19 no fluxo de voos domésticos de passageiros no Brasil. O estudo foi desenvolvido por meio da aplicação dos conceitos de centralidade em grafos, caracterizando quais aeroportos foram mais centrais no ano de 2020, a fim de auxiliar na decisão de contenção da proliferação do vírus intercidades. O estudo faz, também, um comparativo entre os anos de 2019 e 2020 com o propósito de analisar as mudanças de comportamento do fluxo aéreo de passageiros no Brasil no cenário pandêmico. Para este estudo, foram extraídas informações do banco de dados da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). A pesquisa concluiu que, no ano de 2020, o Aeroporto Internacional de Viracopos teve grande importância na ponte entre a maioria das cidades e que uma atenção especial a medidas preventivas neste aeroporto poderia diminuir o contágio entre passageiros que se deslocam de uma cidade para outra. No comparativo com o ano de 2019, como era de se esperar, identificou-se que o fluxo de voos foi maior antes da pandemia e que rotas e ligações entre aeroportos foram alteradas.

Palavras-Chaves: Teoria dos Grafos, Centralidade, Pandemia, COVID-19

1. Introdução

A partir do reconhecimento da primeira infecção humana por COVID-19 na cidade de Wuhan, na China, em 2019, o mundo se deparou com um crescente número de contágios de SARS-CoV-2. Em 11 de março de 2020, a proliferação do vírus foi caracterizada como pandemia pela Organização Mundial de Saúde (Who, 2020). Desde então, o assunto é de grande interesse da população e de pesquisadores de diversas áreas que buscam entender o funcionamento do vírus e as formas de combatê-lo.

Uma das medidas restritivas mais discutidas é o distanciamento social, que, conforme Keskinocak et al. (2020), reduz a propagação da infecção, tanto de indivíduos sintomáticos quanto assintomáticos, apesar de não evitar totalmente a propagação.

Conforme Nakamura e Managi (2020), no cenário pandêmico, os voos devem ser minimizados e a política deve desempenhar um papel significativo na restrição de viagens para beneficiar os países individuais, bem como a saúde global. Com isso, é relevante entender quais os aeroportos que podem influenciar na disseminação do SARS-CoV-2, inclusive para voos nacionais no Brasil, país de grande proporção e severamente atingido pela pandemia.

A contribuição da pesquisa consiste, primeiramente, em avaliar o fluxo aéreo de passageiros do Brasil na pandemia da COVID-19, no ano de 2020, por meio da análise de centralidade em grafos e comparação com o ano de 2019, para identificar possíveis alterações de comportamento. Adicionalmente, a pesquisa contribui para a literatura à medida que, pela utilização de teoria de grafos, identifica os aeroportos com maior risco de proliferação do SARS-CoV-2, detectando quais os aeroportos mereceriam maior atenção em medidas preventivas.

2. Referencial teórico

2.1. Medidas de centralidade de grafos

Conforme Abreu *et al.* (2007), quando grafos são utilizados para modelar redes, uma questão relevante é destacar os vértices mais importantes dentro do contexto avaliado. Essa influência pode ser avaliada de acordo com as medidas de centralidade.

2.1.1. Centralidade de grau

Segundo Del-Vecchio *et al.* (2009), a centralidade de grau corresponde ao número de interações ou conexões diretas que um vértice do grafo estabelece com os demais e representa o grau do vértice correspondente. Esta centralidade pode ser obtida somando-se os valores da linha ou da coluna correspondente da matriz de adjacências, conforme expresso na equação (1).

$$C_D(V_i) = d(v_i) = \sum_{j=1}^n a_{ij}, \text{ onde } v_i \in V \text{ e } a_{ij} \text{ são elementos da matriz de adjacência.} \quad (1)$$

2.1.2. Centralidade de grau ponderado

A centralidade de grau ponderado, também chamada de centralidade de força, é a soma de todos os pesos das arestas ligadas a um nó. Nela, n representa o número de nós, W_{ij} , o peso das arestas entre o nó i e o nó j . A centralidade de grau ponderado está expressa na equação (2).

$$C_P(v_i) = \sum_{j=1}^n W_{ij} \quad (2)$$

2.1.3. Centralidade de proximidade

A centralidade de proximidade baseia-se na soma das distâncias geodésicas de um vértice em relação aos demais pontos do grafo. A medida relaciona-se com o tempo que a informação leva para ser compartilhada com todos os vértices, devendo o nó central receber primeiro as informações (Sabidussi, 1966).

A definição de Newman (2010) para centralidade encontra-se na equação (3).

$$C_M(v_i) = \frac{1}{\sum_{u \in V} d(v_i, u)} \quad (3)$$

2.1.4. Centralidade de autovetor

A centralidade de autovetor mede a centralidade dos vértices pela soma ponderada das conexões diretas e indiretas de cada vértice. A centralidade de autovetor incorpora a informação dos graus dos nós vizinhos, de modo que a conexão com nós de maior grau é benéfica. A definição da centralidade de autovetor encontra-se na Equação (4), onde λ é o maior autovalor da matriz de adjacência ponderada W (Bonacich, 1972).

$$C_e(v_i) = \frac{1}{\lambda} \sum_{w \in V} w_{v_i, w} C_e(w) \quad (4)$$

3. Metodologia

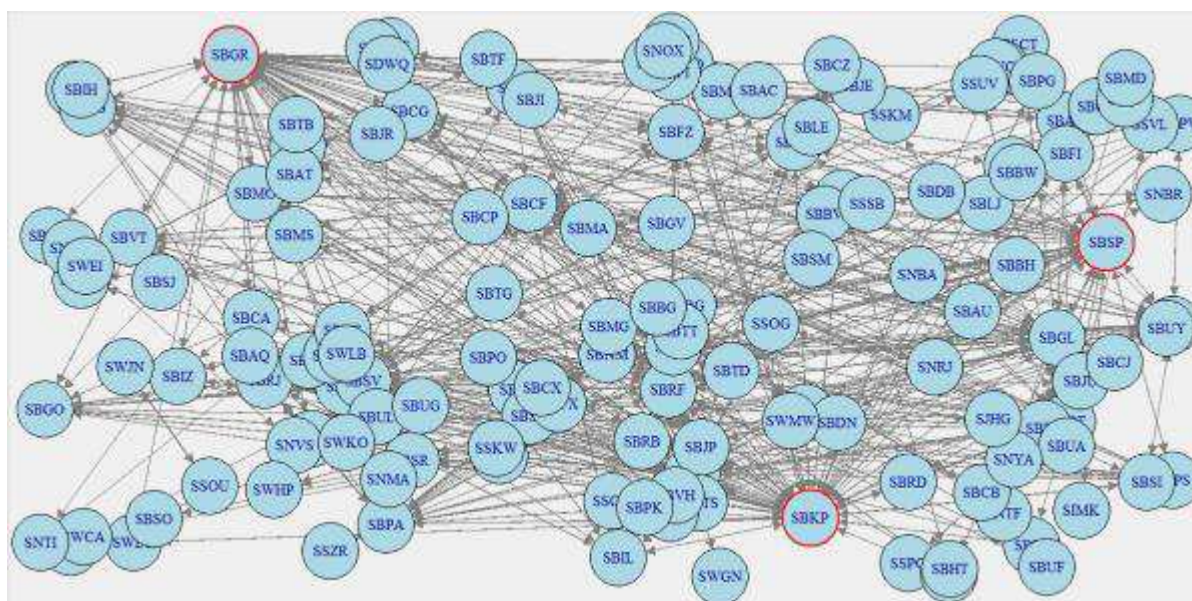
Para o estudo, foram extraídas as bases de dados de voos realizados e cancelados disponibilizadas pela Agência Nacional de Aviação Civil nos anos de 2019 e 2020 (ANAC, 2021). A análise contemplou apenas os voos nacionais de passageiros com mais de 24 voos ao ano, a fim de analisar as rotas mais regulares. Para o ano de 2020, o aeroporto internacional

Carbon County Regional Airport, localizado nos EUA, constava na base de voos de nacionais brasileiros, por isso teve o seu vértice desconsiderado do grafo. Os cálculos de centralidade e demais análises foram realizadas por meio do *software* R devido à praticidade e desempenho desta ferramenta.

4. Estudo de caso

O artigo foi desenvolvido por meio da aplicação dos conceitos de centralidade em grafos. Nessa análise, os aeroportos representam os vértices e as rotas entre dois aeroportos quaisquer são representadas pelas arestas. As rotas não necessariamente têm a mesma quantidade de voos realizados no trajeto de ida e de volta, sendo assim, os dados podem ser representados como um grafo direcionado, conforme expresso na Figura 1. Dessa forma, o peso das arestas representa a quantidade de voos que ocorreram de um destino a outro nos anos analisados.

Figura 1 - Grafo direcionado do fluxo aéreo de passageiros no Brasil em 2020



Fonte: Os autores (2021)

O grafo direcionado dos voos ocorridos em 2020 tem 146 vértices e 809 arestas. Dessa maneira, foram observados 146 aeroportos e 809 rotas no ano de 2020. O comparativo do número de aeroportos, número de rotas e número de viagens em 2019 e 2020 encontra-se na Tabela 1, na qual nota-se uma redução no número de rotas de 2019 para 2020.

De 2018 para 2019 a quantidade de viagens realizadas aumentou 9%, enquanto de 2019 para 2020 a quantidade de viagens diminuiu 64%. A redução no número de viagens é expressiva e consequência da pandemia do coronavírus.

Tabela 1 - Comparativo do número de aeroportos, de rotas e de viagens em 2019 e 2020

	2019	2020
Número de aeroportos	155	146
Número de rotas	907	809
Número de viagens	795.984	285.891

Fonte: Autores (2021)

Para enriquecer a discussão das medidas de centralidade, analisou-se se haveria perda caso o grafo direcionado fosse remodelado como um grafo não direcionado. Identificou-se que, em mais de 80% das rotas, há uma diferença de menos do que 5% na quantidade de voos realizados de ida e volta. Neste caso, o peso das arestas do grafo não direcionado foi definido como a soma dos voos de ida e volta de cada rota de voo nacional ocorrida no ano de 2020. O grafo não direcionado pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Grafo não direcionado do fluxo aéreo de passageiros no Brasil em 2020



Fonte: Os autores (2021)

O grafo não direcionado dos voos ocorridos em 2020 tem 146 vértices e 420 arestas. Para este segundo modelo foram avaliadas as centralidades de grau, centralidade de proximidade e centralidade de autovetor. As análises foram desenvolvidas com auxílio do *software* R.

O Quadro 1 apresenta os 10 aeroportos com maior centralidade de grau em 2019 e 2020 para um grafo não direcionado. Estes aeroportos são os que possuem maior centralidade relativa.

Quadro 1 – Aeroportos com maior centralidade de grau em 2019 e 2020 (grafo não direcionado)

Cod	Aeroporto	2019	2020
SBKP	Viracopos International Airport - Campinas/São Paulo	61	59
SBGR	São Paulo, Guarulhos - Governador Andras Franco Montoro International Airport - Guarulhos/São Paulo	56	57
SBSP	Congonhas Airport - São Paulo/São Paulo	46	44
SBCF	Tancredo Neves International Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	44	41
SBBR	Presidente Juscelino Kubitschek International Airport - Brasília/Distrito Federal	41	38
SBRF	Guararapes - Gilberto Freyre International Airport - Recife/Pernambuco	31	27
SBCT	Afonso Pena Airport - Curitiba/Paraná	30	25
SBGL	Rio de Janeiro ,Galeao Antonio Carlos Jobim International Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	28	26
SBSV	Deputado Luiz Eduardo Magalhães International Airport - Salvador/Bahia	28	22
SBCY	Marechal Rondon Airport - Cuiabá/Mato Grosso	25	24

Fonte: Autores (2021)

O Quadro 2 apresenta os aeroportos com maior centralidade de força nos anos de 2019 e 2020. Notam-se quedas expressivas entre os dois anos comparados, os 10 aeroportos com o maior número de voos apresentaram queda de pelo menos 50% no número de voos, com destaque para Congonhas e Galeão onde a queda chega a 72%. Guarulhos e Viracopos foram os aeroportos da lista dos 10 com menor queda, cerca de 58% no número de voos. A centralidade de força mede a soma de todos os pesos das arestas ligadas a um nó.

Quadro 2 – Centralidade de Força / Grau Ponderado (número de voos)

Cod	Aeroporto	2019	2020
SBGR	São Paulo, Guarulhos - Governador Andras Franco Montoro International Airport - Guarulhos/São Paulo	195221	81763
SBSP	Congonhas Airport - São Paulo/São Paulo	173963	48761
SBBR	Presidente Juscelino Kubitschek International Airport - Brasília/Distrito Federal	115401	42264
SBKP	Viracopos International Airport - Campinas/São Paulo	99041	40969
SBCF	Tancredo Neves International Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	96427	31763
SBRJ	Santos Dumont Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	83440	34231
SBGL	Rio de Janeiro ,Galeao Antonio Carlos Jobim International Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	68377	19129
SBRF	Guararapes - Gilberto Freyre International Airport - Recife/Pernambuco	66918	25933
SBPA	Salgado Filho Airport - Porto Alegre/Rio Grande do Sul	60636	20368
SBCT	Afonso Pena Airport - Curitiba/Paraná	57785	17876

Fonte: Autores (2021)

Os Quadros 3 e 4 apresentam os dez aeroportos com maior centralidade de proximidade em 2019 e 2020. Ou seja, estes são os aeroportos com muitos pequenos caminhos para chegar a outros aeroportos.

Quadro 3 – Aeroportos com maior centralidade de proximidade em 2019

Ordenação	Cod	Aeroporto	Centralidade de Proximidade (x10 ⁻⁵)
1	SBRF	Guararapes - Gilberto Freyre International Airport - Recife/Pernambuco	1,30
2	SBFI	Cataratas International Airport - Foz do Iguçu/Paraná	1,30
3	SBCF	Tancredo Neves International Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	1,30
4	SBCT	Afonso Pena Airport - Curitiba/Paraná	1,30
5	SBAX	Araxá Airport	1,30
6	SBFL	Hercílio Luz International Airport - Florianópolis/Santa Catarina	1,20
7	SBPJ	Brigadeiro Lysias Rodrigues Airport - Palmas/Tocantins	1,20
8	SBFZ	Pinto Martins International Airport - Fortaleza/Ceará	1,20
9	SBBH	Pampulha - Carlos Drummond de Andrade Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	1,20
10	SBUR	Mário de Almeida Franco Airport - Uberaba/Minas Gerais	1,20

Fonte: Autores (2021)

Quadro 4 – Aeroportos com maior centralidade de proximidade em 2020

Ordenação	Cod	Aeroporto	Centralidade de Proximidade (x10 ⁻⁵)
1	SBKP	Viracopos International Airport - Campinas/São Paulo	2,14
2	SBIL	Bahia - Jorge Amado Airport - Ilhéus/Bahia	2,08
3	SBRJ	Santos Dumont Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	2,05
4	SBSP	Congonhas Airport - São Paulo/São Paulo	1,96
5	SBCN	Caldas Novas Airport - Caldas Novas/Goiás	1,95
6	SBGL	Rio de Janeiro ,Galeao Antonio Carlos Jobim International Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	1,89
7	SBGR	São Paulo, Guarulhos - Governador Andras Franco Montoro International Airport - Guarulhos/São Paulo	1,89
8	SBJP	Presidente Castro Pinto International Airport - João Pessoa/Paraíba	1,87
9	SBRF	Guararapes - Gilberto Freyre International Airport - Recife/Pernambuco	1,85
10	SBCF	Tancredo Neves International Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	1,84

Fonte: Autores (2021)

O Quadro 5 apresenta a posição dos aeroportos considerando a centralidade de proximidade em 2019 e 2020 tomando o ano de 2019 como base. Destaca-se que os aeroportos de maior

centralidade em 2019, ocuparam posições mais afastadas em 2020. O aeroporto de Araxá não apresentou voos em 2020.

Quadro 5 – Posição dos aeroportos considerando a centralidade de proximidade em 2019 e 2020

Cod	Aeroporto	2019	2020
SBRF	Guararapes - Gilberto Freyre International Airport - Recife/Pernambuco	1	9
SBFI	Cataratas International Airport - Foz do Iguaçu/Paraná	2	42
SBCF	Tancredo Neves International Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	3	10
SBCT	Afonso Pena Airport - Curitiba/Paraná	4	72
SBAX	Araxá Airport	5	0
SBFL	Hercílio Luz International Airport - Florianópolis/Santa Catarina	6	35
SBPJ	Brigadeiro Lysias Rodrigues Airport - Palmas/Tocantins	7	14
SBFZ	Pinto Martins International Airport - Fortaleza/Ceará	8	129
SBBH	Pampulha - Carlos Drummond de Andrade Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	9	23
SBUR	Mário de Almeida Franco Airport - Uberaba/Minas Gerais	10	52

Fonte: Autores (2021)

O Quadro 6 apresenta a posição dos aeroportos considerando a centralidade de proximidade em 2019 e 2020 tomando o ano de 2020 como base. Destaca-se que os aeroportos de maior centralidade em 2020, ocupavam posições mais afastadas em 2019.

Quadro 6 – Mudança na ordenação dos aeroportos considerando a centralidade de proximidade

Cod	Aeroporto	2019	2020
SBKP	Viracopos International Airport - Campinas/São Paulo	18	1
SBIL	Bahia - Jorge Amado Airport - Ilhéus/Bahia	34	2
SBRJ	Santos Dumont Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	25	3
SBSP	Congonhas Airport - São Paulo/São Paulo	17	4
SBCN	Caldas Novas Airport - Caldas Novas/Goiás	56	5
SBGL	Rio de Janeiro ,Galeao Antonio Carlos Jobim International Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	64	6
SBGR	São Paulo, Guarulhos - Governador Andras Franco Montoro International Airport - Guarulhos/São Paulo	40	7
SBJP	Presidente Castro Pinto International Airport - João Pessoa/Paraíba	50	8
SBRF	Guararapes - Gilberto Freyre International Airport - Recife/Pernambuco	1	9
SBCF	Tancredo Neves International Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	3	10

Fonte: Autores (2021)

Os quadros 7 e 8 apresentam os dez aeroportos com maior centralidade de autovetor em 2019 e 2020. Esta medida mostra os aeroportos que são importantes no fluxo aéreo por estarem ligados a aeroportos que são importantes.

Quadro 7 – Aeroportos com maior centralidade de autovetor em 2019

Ordenação	Cod	Aeroporto	Centralidade de Autovetor (x10⁻¹)
1	SBSP	Congonhas Airport - São Paulo/São Paulo	10,00
2	SBGR	São Paulo, Guarulhos - Governador Andras Franco Montoro International Airport - Guarulhos/São Paulo	7,99
3	SBRJ	Santos Dumont Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	7,83
4	SBBR	Presidente Juscelino Kubitschek International Airport - Brasília/Distrito Federal	6,69
5	SBCF	Tancredo Neves International Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	6,20
6	SBPA	Salgado Filho Airport - Porto Alegre/Rio Grande do Sul	5,18
7	SBCT	Afonso Pena Airport - Curitiba/Paraná	4,50
8	SBGL	Rio de Janeiro ,Galeao Antonio Carlos Jobim International Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	4,24
9	SBSV	Deputado Luiz Eduardo Magalhães International Airport - Salvador/Bahia	3,79
10	SBKP	Viracopos International Airport - Campinas/São Paulo	3,78

Fonte: Autores (2021)

Quadro 9 – Aeroportos com maior centralidade de autovetor em 2020

Ordenação	Cod	Aeroporto	Centralidade de Autovetor (x10⁻¹)
1	SBGR	São Paulo, Guarulhos - Governador Andras Franco Montoro International Airport - Guarulhos/São Paulo	10,00
2	SBSP	Congonhas Airport - São Paulo/São Paulo	9,13
3	SBRJ	Santos Dumont Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	9,07
4	SBBR	Presidente Juscelino Kubitschek International Airport - Brasília/Distrito Federal	7,59
5	SBCF	Tancredo Neves International Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	6,43
6	SBPA	Salgado Filho Airport - Porto Alegre/Rio Grande do Sul	5,37
7	SBKP	Viracopos International Airport - Campinas/São Paulo	5,08
8	SBRF	Guararapes - Gilberto Freyre International Airport - Recife/Pernambuco	4,64
9	SBSV	Deputado Luiz Eduardo Magalhães International Airport - Salvador/Bahia	4,59
10	SBCT	Afonso Pena Airport - Curitiba/Paraná	4,29

Fonte: Autores (2021)

Os quadros 10 e 11 apresentam a posição dos aeroportos considerando a centralidade de autovetor em 2019 e 2020 tomando o ano de 2019 e 2020 como base respectivamente. Houve pequenas variações na ordenação entre os dois anos considerando a centralidade de autovetor.

Quadro 10 – Mudança na ordenação dos aeroportos considerando a centralidade de autovetor

Cod	Aeroporto	2019	2020
SBSP	Congonhas Airport - São Paulo/São Paulo	1	2
SBGR	São Paulo, Guarulhos - Governador Andras Franco Montoro International Airport - Guarulhos/São Paulo	2	1
SBRJ	Santos Dumont Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	3	3
SBBR	Presidente Juscelino Kubitschek International Airport - Brasília/Distrito Federal	4	4
SBCF	Tancredo Neves International Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	5	5
SBPA	Salgado Filho Airport - Porto Alegre/Rio Grande do Sul	6	6
SBCT	Afonso Pena Airport - Curitiba/Paraná	7	10
SBGL	Rio de Janeiro ,Galeao Antonio Carlos Jobim International Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	8	11
SBSV	Deputado Luiz Eduardo Magalhães International Airport - Salvador/Bahia	9	9
SBKP	Viracopos International Airport - Campinas/São Paulo	10	7

Fonte: Autores (2021)

Quadro 11 – Mudança na ordenação dos aeroportos considerando a centralidade de autovetor

Cod	Aeroporto	2019	2020
SBGR	Sao Paulo, Guarulhos - Governador Andras Franco Montoro International Airport - Guarulhos/São Paulo	2	1
SBSP	Congonhas Airport - São Paulo/São Paulo	1	2
SBRJ	Santos Dumont Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	3	3
SBBR	Presidente Juscelino Kubitschek International Airport - Brasília/Distrito Federal	4	4
SBCF	Tancredo Neves International Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	5	5
SBPA	Salgado Filho Airport - Porto Alegre/Rio Grande do Sul	6	6
SBKP	Viracopos International Airport - Campinas/São Paulo	10	7
SBRF	Guararapes - Gilberto Freyre International Airport - Recife/Pernambuco	11	8
SBSV	Deputado Luiz Eduardo Magalhães International Airport - Salvador/Bahia	9	9
SBCT	Afonso Pena Airport - Curitiba/Paraná	7	10

Fonte: Autores (2021)

O Quadro 12 traz um comparativo entre a centralidade de força, centralidade de proximidade e centralidade de autovetor no ano de 2019.

Quadro 12 – Comparativo entre as centralidades no ano de 2019

#	Centralidade de Força		Centralidade de Proximidade		Centralidade de Autovetor	
	Cod	Aeroporto	Cod	Aeroporto	Cod	Aeroporto
1	SBGR	São Paulo, Guarulhos - Governador Andras Franco Montoro International Airport - Guarulhos/São Paulo	SBFR	Guararapes - Gilberto Freyre International Airport - Recife/Pernambuco	SBSP	Congonhas Airport - São Paulo/São Paulo
2	SBSP	Congonhas Airport - São Paulo/São Paulo	SBFI	Cataratas International Airport - Foz do Iguazu/Paraná	SBGR	São Paulo, Guarulhos - Governador Andras Franco Montoro International Airport - Guarulhos/São Paulo
3	SBBR	Presidente Juscelino Kubitschek International Airport - Brasília/Distrito Federal	SBFC	Tancredo Neves International Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	SBRJ	Santos Dumont Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro
4	SBKP	Viracopos International Airport - Campinas/São Paulo	SBCT	Afonso Pena Airport - Curitiba/Paraná	SBBR	Presidente Juscelino Kubitschek International Airport - Brasília/Distrito Federal
5	SBFC	Tancredo Neves International Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	SBAX	Araxá Airport	SBFC	Tancredo Neves International Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais
6	SBRJ	Santos Dumont Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	SBFL	Hercílio Luz International Airport - Florianópolis/Santa Catarina	SBPA	Salgado Filho Airport - Porto Alegre/Rio Grande do Sul
7	SBGL	Rio de Janeiro ,Galeao Antonio Carlos Jobim International Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	SBPJ	Brigadeiro Lysias Rodrigues Airport - Palmas/Tocantins	SBCT	Afonso Pena Airport - Curitiba/Paraná
8	SBRF	Guararapes - Gilberto Freyre International Airport - Recife/Pernambuco	SBFZ	Pinto Martins International Airport - Fortaleza/Ceará	SBGL	Rio de Janeiro ,Galeao Antonio Carlos Jobim International Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro
9	SBPA	Salgado Filho Airport - Porto Alegre/Rio Grande do Sul	SBHB	Pampulha - Carlos Drummond de Andrade Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	SBSV	Deputado Luiz Eduardo Magalhães International Airport - Salvador/Bahia
10	SBKT	Afonso Pena Airport - Curitiba/Paraná	SBUR	Mário de Almeida Franco Airport - Uberaba/Minas Gerais	SBKP	Viracopos International Airport - Campinas/São Paulo



O Quadro 13 traz um comparativo entre a centralidade de força, centralidade de proximidade e centralidade de autovetor no ano de 2020.

O aeroporto de Viracopos, no ano de 2020, assume uma posição de protagonismo no que diz respeito a Centralidade de Força, Centralidade de Proximidade. Em relação a Centralidade de Autovetor, também se torna mais central do que o ano anterior. Isto mostra um ganho de importância de Viracopos no ano pandêmico, em comparação aos demais aeroportos, mesmo diminuindo o fluxo.

Quadro 13 – Comparativo entre as centralidades no ano de 2020

#	Centralidade de Força		Centralidade de Proximidade		Centralidade de Autovetor	
	Cod	Aeroporto	Cod	Aeroporto	Cod	Aeroporto
1	SBK P	Viracopos International Airport - Campinas/São Paulo	SBK P	Viracopos International Airport - Campinas/São Paulo	SBGR	São Paulo, Guarulhos - Governador Andras Franco Montoro International Airport - Guarulhos/São Paulo
2	SBGR	São Paulo, Guarulhos - Governador Andras Franco Montoro International Airport - Guarulhos/São Paulo	SBIL	Bahia - Jorge Amado Airport - Ilhéus/Bahia	SBSP	Congonhas Airport - São Paulo/São Paulo
3	SBSP	Congonhas Airport - São Paulo/São Paulo	SBRJ	Santos Dumont Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	SBRJ	Santos Dumont Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro
4	SBCF	Tancredo Neves International Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	SBSP	Congonhas Airport - São Paulo/São Paulo	SBBR	Presidente Juscelino Kubitschek International Airport - Brasília/Distrito Federal
5	SBBR	Presidente Juscelino Kubitschek International Airport - Brasília/Distrito Federal	SBNC	Caldas Novas Airport - Caldas Novas/Goiás	SBFC	Tancredo Neves International Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais
6	SBRF	Guararapes - Gilberto Freyre International Airport - Recife/Pernambuco	SBGL	Rio de Janeiro ,Galeao Antonio Carlos Jobim International Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	SBPA	Salgado Filho Airport - Porto Alegre/Rio Grande do Sul
7	SBGL	Rio de Janeiro ,Galeao Antonio Carlos Jobim International Airport - Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	SBGR	São Paulo, Guarulhos - Governador Andras Franco Montoro International Airport - Guarulhos/São Paulo	SBKP	Viracopos International Airport - Campinas/São Paulo
8	SBCT	Afonso Pena Airport - Curitiba/Paraná	SBJP	Presidente Castro Pinto International Airport - João Pessoa/Paraíba	SBRF	Guararapes - Gilberto Freyre International Airport - Recife/Pernambuco
9	SBCY	Marechal Rondon Airport - Cuiabá/Mato Grosso	SBRF	Guararapes - Gilberto Freyre International Airport - Recife/Pernambuco	SBSV	Deputado Luiz Eduardo Magalhães International Airport - Salvador/Bahia
10	SBSTV	Deputado Luiz Eduardo Magalhães International Airport - Salvador/Bahia	SBCF	Tancredo Neves International Airport - Belo Horizonte/Minas Gerais	SBCT	Afonso Pena Airport - Curitiba/Paraná

5. Conclusão

O presente estudo analisou o fluxo de viagens aéreas de passageiros no Brasil para os anos de 2019 e 2020 a fim de avaliar as mudanças de comportamento e os impactos da pandemia. Observou-se que a quantidade de viagens, que vinha crescendo nos últimos anos, reduziu consideravelmente de 2019 para 2020. Além disso, a configuração das rotas também foi alterada no ano pandêmico, fazendo com que aeroportos que antes eram centrais não aparecessem como principais pontos do grafo de 2020, conforme apresentado no item de resultados. Por fim, a análise de centralidade de grafos é uma técnica que pode auxiliar na tomada de decisão nos casos em que se deseja avaliar quais aeroportos são mais centrais para o combate de uma pandemia quando se faz necessário o isolamento social ou a instalação de pontos de testagem para COVID-19 pós chegada no aeroporto e diminuir o fluxo de pessoa infectados circulando nos estados.

Para estudos futuros recomenda-se um aprofundamento nas mudanças de fluxo aéreo e quais características dos aeroportos que ganharam importância no primeiro ano de pandemia.

REFERÊNCIAS

ABREU, N.M. M.; Del-Vecchio, R. R.; Vinagre, C. T. M. e Stevanovic, D., “Introdução à Teoria Espectral de Grafos com Aplicações”, título publicado para o XXX CNMAC – 2007.

BONACICH, P. (1972). Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. *Journal of Mathematical Sociology*, 2(1):113–120.

DEL-VECCHIO, R. R.; Galvão, D. J. C.; Lima, L. S.; Loures, R. F. V. Medidas de Centralidade de Teoria dos Grafos aplicada a Fundos de Ações no Brasil. In: XLI SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 41, 2009, Porto Seguro. Anais... Porto Seguro, 2009.

KESKINOCAK P, Oruc BE, Baxter A, Asplund J, Serban N (2020) The impact of social distancing on COVID19 spread: State of Georgia case study. *PLoS ONE* 15(10): e0239798. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239798>

NAKAMURA, H., & Managi, S. (2020). Airport risk of importation and exportation of the COVID-19 pandemic. *Transport Policy*, 96, 40-47.

NEWMAN, M. (2010). *Networks: an introduction*. OUP Oxford.

SABIDUSSI, G., 1966, “The centrality index of a graph”, *Psychometrika*, v. 31, pp. 581-603.

SAS.ANAC.GOV.BR - /sas/vraarquivos/. ANAC, 2020. Disponível em: <<https://sas.anac.gov.br/sas/vraarquivos/>>. Acesso em: 31 de maio de 2021



WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 de março 2020.
(n.d.). Disponível em: <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>