

## **FUNÇÃO DE PRODUÇÃO PARA UMA EMPRESA DO SETOR AÉREO BRASILEIRO: O CASO DA GOL**

**Beatriz da Rocha Silva.** Universidade Federal de Viçosa. E-mail: [beatriz.r.silva@ufv.br](mailto:beatriz.r.silva@ufv.br)

**Jader Fernandes Cirino.** Universidade Federal de Viçosa. E-mail: [jader.cirino@ufv.br](mailto:jader.cirino@ufv.br)

**Francisco Carlos da Cunha Cassuce.** Universidade Federal de Viçosa. E-mail:  
[francisco.cassuce@ufv.br](mailto:francisco.cassuce@ufv.br)

**Resumo:** O estudo estimou, por meio do Método de Correção de Erros (MCE) com erros-padrão robustos, a função de produção para a empresa do setor aéreo Gol, tendo a variável Passageiro por Quilômetro Pago Transportado (RPK) como produto. O modelo definiu as elasticidades parciais de produção para as variáveis de capital (Horas de Voo Totais Diárias) e de trabalho (Funcionários Efetivos no final do período) no curto e no longo prazo, as quais mostraram que a produção é intensiva em capital. No que tange aos retornos à escala, verificou-se retornos decrescentes à escala no curto prazo, mas crescentes no longo prazo.

**Palavras-chave:** Função de produção. Empresa Gol. Elasticidades de produção. Retornos à escala.

**Área temática:** Economia

## 1. INTRODUÇÃO

O setor aéreo é uma importante ferramenta para contribuir com o crescimento econômico do país, uma vez que ele possibilita o escoamento produtivo e a locomoção de pessoas, funções essas fundamentais para a integração entre as regiões. Por se tratar de um setor chave, ele possui forte capacidade de encadeamento ao longo da cadeia produtiva, induzindo o aumento da competitividade, além de contribuir para o processo de crescimento econômico. Ademais, o setor aéreo é vital para a economia brasileira, pois é considerado estratégico, já que ele é um insumo produtivo para uma gama de empresas nacionais (OLIVEIRA, 2009). Trata-se de um setor complexo, consolidado e vulnerável a diversas pressões externas, como: políticas governamentais e preço dos insumos produtivos (BINDER, 2009). Logo, é primordial entender o funcionamento do setor e para isso, é necessário entender o funcionamento das companhias que nele atuam.

No que se refere a atuação no mercado, a Gol é uma das protagonistas do setor aéreo nacional, consolidando a sua marca no setor por meio de uma trajetória marcada pela implementação de estratégias que geram vantagens competitivas (PEREIRA, 2012). A estreia da empresa aconteceu em 2001, em um período que ocorria a liberação do mercado e as companhias que já operavam estavam fragilizadas em função da situação financeira insustentável (resultados negativos, baixa rentabilidade e forte endividamento) que apresentavam. A Gol entrou no mercado preenchendo as lacunas das companhias que o deixaram (Viação Aérea São Paulo (VASP) e Transbrasil), sendo o seu crescimento inicial acelerado. Após sete anos no mercado, a Gol efetuou a compra da Viação Aérea Rio Grandense (VARIG), absorvendo uma fatia maior de mercado (BIELSCHOWSKY e CUSTÓDIO, 2011).

Segundo Oliveira (2009), a Gol obteve forte crescimento inicial devido aos seguintes fatores: preços baixos, publicidade agressiva, estímulos à demanda, fechamento da Transbrasil e acesso aos aeroportos de Congonhas e Santos Dumont. Porém, o crescimento acelerado da Gol não durou por muitos anos, se abrandando em 2003 por causa da redução dos preços das empresas concorrentes, dos custos gerados por causa da desvalorização cambial e por causa das medidas de regulação que foram impostas (foram limitadas a oferta de assentos e as reduções dos preços). Atualmente, conforme Juliboni (2024), com a pandemia de Covid-19, aliada à elevação dos valores do dólar e do petróleo, a Gol acumulou dívidas e, por isso, no final de janeiro de 2024, entrou com pedido de recuperação judicial nos Estados Unidos.

Em termos de participação no mercado, a Gol possui desempenho de destaque quando se analisa a medida *Revenue Passenger-Kilometer* ou Passageiros por Quilômetros Pagos Transportados total (RPK), indicador-chave do setor aéreo. O RPK é o indicador de desempenho que fornece informações fundamentais para o processo de planejamento da capacidade, permitindo que a empresa adote um gerenciamento dos insumos utilizados no processo produtivo (FREGNANI *et al.*, 2019). Em termos de valores, segundo dados da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), disponíveis em Forbes (2024), para o ano de 2023, a Gol apresentou a segunda maior participação em termos de RPK doméstico, com market-share de 33,3%, sendo a LATAM a primeira no ranking com 37,8%.

Na literatura encontram-se estudos que têm como objetivo analisar a produtividade, tipo de retorno à escala, eficiência e mensurar a função de produção para o setor aéreo (Binder, 2009; Kuroda, Kalfas e Eller, 2012; Fregnani *et al.*, 2019 e; Freitas, 2021). Outros estudos focam na estimativa da eficiência técnica e da produtividade total dos fatores como os de Scotti e Volta (2017), Heshmati, Kumbhakar e Kim (2018), Aydin, Karadayi e Ülengin (2020) e Martini, Porta e Scotti (2023). Tais trabalhos são fundamentais para que as

características deste setor sejam determinadas e analisadas, sendo esse, caracterizado por ser uma indústria do tipo capital intensivo e por demandar mão de obra altamente qualificada. Sobre o retorno à escala, não há na literatura consenso sobre o tipo de retorno à escala obtido no transporte aéreo de passageiros. Segundo Pavaux (1999) e Doganis (2002 e 2005), a tecnologia utilizada no transporte aéreo de passageiros resulta em retornos crescentes à escala para níveis baixos de produção e a inexistência desses para altos níveis de produção. Já os estudos de Douglas e Miller (1974), White (1978) e Caves, Christensen e Diewert (1982) encontraram retornos constantes à escala para o setor. Por fim, Nolan, Ritchie e Rowcroft (2014) apontaram heterogeneidade no retorno à escala para o grupo de empresas analisadas, sendo que a maioria delas apresentou retornos decrescentes em pelo menos um dos anos da análise.

Além disso, é importante o papel da função Cobb-Douglas como meio de concretização de diversos estudos realizados para o setor aéreo. A função de produção Cobb-Douglas é empregada para a modelagem da função de produção do setor aéreo desde o surgimento da necessidade de efetuar tal mensuração. O uso desta função confere certa simplicidade matemática ao processo, além de conseguir entregar a precisão necessária (FREGNANI *et al.*, 2019).

Dessa forma, o estudo tem como problema de pesquisa a análise da função de produção para a Gol, considerando os dados trimestrais da empresa entre os anos de 2003 e 2022. O objetivo geral é verificar em que ponto da função de produção a Gol se encontra e com isso verificar se a empresa já atingiu o seu limite de produção considerando a tecnologia adotada. Além disso, o estudo tem como objetivos específicos: a) apresentar breve histórico da aviação comercial brasileira; b) definir o tipo de retorno à escala que a empresa usufrui e; c) determinar a partir das funções de produto marginal, em qual estágio de produção a firma atuou no período analisado.

## **2. EVOLUÇÃO DA AVIAÇÃO COMERCIAL BRASILEIRA**

Nessa seção aborda-se, de forma sucinta, a evolução da aviação comercial brasileira, na qual se insere a atuação da empresa considerada nesse estudo. Esse tipo de aviação civil envolve a operação de aeronaves para o transporte de passageiros e carga, sendo o primeiro, o foco do estudo.

Em 1927 foram fundadas as duas primeiras empresas aéreas no Brasil, VARIG e Sindicato Condor, com o auxílio técnico e operacional da empresa alemã Condor Syndikat, a qual operou os primeiros voos no país entre 1924 e 1927. Entre 1929 e 1939 foram fundadas outras seis empresas aéreas, que juntamente com as duas primeiras já citadas, são consideradas as pioneiras do setor. Entre essa segunda leva, destaque para a VASP, fundada em 1933 (FERREIRA, 2017).

O período compreendido entre 1940 e 1959 marca o crescimento da indústria aérea nacional, com várias empresas passando a atuar no país ao lado das pioneiras. Destaca-se que nesse contexto, observava-se um mercado com grande competição entre as companhias, com liberdade de entrada e saída, livre escolha de rotas, política tarifária sem intervenção do estado e presença de subsídios governamentais (FERREIRA, 2017). Ao final dos anos 1950, conforme aponta Oliveira (2011), o Brasil já possuía no mundo o segundo maior número de empresas aéreas atuando na aviação comercial.

No entanto, tal regime de livre concorrência provocou excesso de oferta e, com isso, perdas financeiras para a maioria das empresas envolvidas. Assim, ao final dos anos 1960, quatro empresas passaram a dominar o mercado nacional de aviação comercial, sendo que

empresas de menor porte passaram a se ocupar com a aviação regional, agora com forte intervenção do então governo do regime militar. Dessa forma, foi formado o primeiro oligopólio do setor no Brasil entre VARIG, VASP, Cruzeiro do Sul (novo nome da Sindicato Condor a partir de 1942) e TransBrasil (FERREIRA, 2017). Conforme apontado por ABEAR (2023), em 1973 o governo estipulou o regime de competição controlada, estabelecendo um arcabouço oficial com as quatro maiores companhias do país operando nacionalmente, ao lado de cinco companhias regionais, com destaque para a Taxi Aéreo Marília (TAM) operando nos estados de São Paulo e Mato Grosso. Nesse sentido, Oliveira (2009) aponta que o período entre 1968 e 1986 é caracterizado pela regulação estrita do setor com política industrial.

Dessa forma, as tarifas domésticas passaram a ser fixadas pelo governo, sendo que durante o período do “milagre econômico” (1968-1974) as grandes empresas apresentaram resultados financeiros positivos, embora o aumento do preço do petróleo tenha revertido esse quadro, culminando com a falência, em 1975, da Cruzeiro do Sul, adquirida pela VARIG. Com essa aquisição, essa última se tornou a maior empresa área do Brasil, possuindo a maior malha aérea e o monopólio dos voos internacionais. Destaca-se que para além desse monopólio, a VARIG superou a concorrência por meio da qualidade de seus serviços em termos de serviço de bordo, manutenção de aeronaves, formação de funcionários, sistema próprio de reservas e ampla malha aérea (FERREIRA, 2017).

Com o início do governo Collor em 1990, começa o processo de desregulamentação da aviação comercial no Brasil, que nesse ano apresentava forte concentração do mercado doméstico, sendo a participação de mercado, em termos de RPK, da VARIG, VASP e TransBrasil de, respectivamente, 49%, 31% e 17%, estando os 3% restantes com as pequenas empresas regionais. O governo brasileiro optou por seguir o modelo europeu, no qual o processo de abertura do mercado foi feito de forma progressiva, com o objetivo de evitar efeitos repentinos para as empresas em virtude do aumento abrupto da concorrência, permitindo que essas tivessem tempo para se modernizarem e se preparem para enfrentar as novas concorrentes (FERREIRA, 2017). Esse movimento de abertura do mercado foi marcado pelos seguintes eventos, conforme Velloso (2007): a) privatização da VASP em 1990; b) a partir de 1991, teve-se: recomendação de gradual e progressiva desregulamentação; tarifas mais livres, porém monitoradas; permissão de voos fretados; fim dos monopólios geográficos de empresas regionais, voos internacionais da VARIG e da ponte aérea Rio-São Paulo; c) em 1996 a TAM deixa de ser uma empresa regional; d) em 1998 é intensificada a liberdade tarifária e a maior competição entre as empresas e; e) em 2001 é iniciada a operação da Gol.

Como resultado desse processo de abertura, as empresas aéreas brasileiras passaram de um processo de regulação estrita para a liberdade tarifária, podendo agora escolher as suas rotas. Por outro lado, sem o controle do estado, as companhias começaram a se defrontar com a intensa concorrência, guerras tarifárias e desequilíbrio entre a oferta e a demanda, aliada ao planejamento equivocado, com endividamento e custos de manutenção de uma frota diversificada e em alguns casos, obsoleta. Como resultado, as até então três grandes empresas do setor aéreo do Brasil, TransBrasil, VASP e VARIG, começaram a entrar em decadência até encerrarem as suas atividades, respectivamente, em 2001, 2004 e 2006 (FERREIRA, 2017).

Portanto, o processo de desregulamentação do setor permitiu a introdução de práticas mais modernas na gestão das empresas, assim como diversas inovações organizacionais, tecnológicas e mercadológicas. Como resultado, o antigo oligopólio de VARIG, VASP e TransBrasil foi substituído pelo atual das empresas LATAM (fusão, desde 2010, da TAM com a empresa chilena Línea Aérea Nacional de Chile - LAN) Gol e Azul (fundada em 2008). Em termos de participação de mercado no que diz respeito à RPK, tais empresas tinham em 2023, segundo dados da ANAC, disponível em Forbes (2024), respectivamente, 37,8%, 33,3% e 28,4%, ou seja, 99,5% do mercado doméstico de voos. Segundo Aeromagazine

(2023), além dessa alteração entre as empresas protagonistas no mercado da aviação comercial brasileira, entre 2000 e 2020, o transporte aéreo brasileiro aumentou consideravelmente o seu número de clientes, popularizando o seu acesso de forma a tornar-se o principal modal de transporte em ligações de média e longa distância dentro do país, em substituição ao transporte rodoviário coletivo (ônibus).

Apesar desse crescimento, que veio acompanhado da presença de empresas mais eficientes e com melhores gestões, ABEAR (2023) destaca que o começo da década de 2020 foi intensamente marcado pela crise trazida pela pandemia do Covid-19, a qual resultou em uma quase completa paralização das atividades a partir de abril de 2020.

Sem ajuda governamental, as três empresas protagonistas buscaram renegociar seus pagamentos e financiar o seu fluxo de caixa junto ao mercado financeiro. Assim, com dívidas junto aos seus principais fornecedores e empresas de arrendamento, aliado aos custos atrelados ao dólar e às constantes variações positivas no preço do combustível, as principais companhias aéreas brasileiras enfrentam dificuldades financeiras. Soma-se a isso a elevada carga tributária brasileira, a qual influencia diretamente no preço das passagens aéreas, assim como a infraestrutura no país, que caso fosse melhorada em termos de concessões de aeroportos e avanços no gerenciamento do tráfego aéreo, ajudariam no desenvolvimento da malha aérea em um país com dimensões continentais e conseqüentemente, no planejamento de longo prazo (AEROMAGAZINE, 2023).

Neste contexto, a LATAM, com sede em Santiago do Chile, protocolou, em 2020, um pedido de recuperação judicial junto a lei norte-americana, sendo que depois de vários meses de negociações, a empresa conseguiu sair desse processo com a reestruturação das suas dívidas e linhas de financiamento aprovadas. Já a Azul e a Gol estão reestruturando as suas análises financeiras. A primeira, por meio da contratação de empresas de consultoria financeira e jurídica, enquanto que a segunda, mesmo com a injeção de capital e a emissão de títulos da dívida da empresa no exterior no começo de 2023 por parte da Abra Group Limited, holding criada pela Gol em conjunto com a empresa aérea Avianca, entrou com pedido de recuperação judicial nos Estados Unidos em janeiro de 2024.

Dessa forma, o atual cenário de instabilidade financeira do setor, notadamente da Gol, justifica a revisão de práticas da empresa, incluindo a análise do uso eficiente dos fatores de produção capital e trabalho na geração de RPK, conforme proposto pelo presente estudo.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste trabalho foi utilizada a teoria da produção, que expõe como são tomadas as decisões de produção da firma em termos de escolha de insumos, tecnologia e nível de produção. Entender a teoria da produção é fundamental para compreender as características da empresa, visando a obtenção de eficiência técnica e da máxima lucratividade do empreendimento.

Os fatores de produção são os insumos utilizados pela empresa no processo produtivo, podendo ser classificados em três grandes categorias: terra e/ou matéria prima, trabalho e capital (VARIAN, 2015). Aqui a análise se concentra em dois tipos de insumos: Horas de voo totais diárias (HVT), obtidas a partir do produto entre a taxa de utilização média diária das aeronaves e o número médio de aeronaves operacionais, representando o insumo capital e; Funcionários efetivos no final do período (F), representando o insumo trabalho.

A função de produção é o meio de representar a relação entre os fatores de produção e o produto, dada a tecnologia de produção. Essa última é a forma de descrever como os

insumos são transformados em produtos. Uma empresa pode utilizar diversas combinações de insumos que geram um mesmo nível de produto. Dentre as tecnologias de produção possíveis tem-se a Leontief, a Linear e a Cobb-Douglas (SANTOS, LÍRIO e VIEIRA, 2009).

Segundo Varian (2015) e Alves (2002), a função de produção pode ser retratada matematicamente por:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (1)$$

Na qual  $Y$  é a variável dependente que representa a quantidade produzida e  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , são as variáveis independentes que representam os fatores de produção  $X_i$ , com  $i$  variando de 1 a  $n$ .

Tendo acesso a função de produção da firma, é possível obter várias medidas de produção. O Produto Marginal ( $PMa_{X_i}$ ) é a derivada da função de produção em relação ao insumo. Ele representa a variação na produção, dada uma variação na quantidade do insumo. Quando se tem o  $PMa_{X_i}$  multiplicado pelo preço do produto ( $P_Y$ ), obtém-se o valor do produto marginal ( $VPMa_{X_i}$ ) (SANTOS, LÍRIO e VIEIRA, 2009). Matematicamente:

$$PMa_{X_i} = \frac{dY}{dX_i} \quad (2)$$

$$PMa_{X_i} \cdot P_Y = VPMa_{X_i} \quad (2.1)$$

O Produto Médio ( $PMe_{X_i}$ ) representa a produção média por unidade de insumo. Quando se tem o  $PMe_{X_i}$  multiplicado pelo preço do produto ( $P_Y$ ), obtém-se o valor do produto médio ( $VPMe_{X_i}$ ) (SANTOS, LÍRIO e VIEIRA, 2009). Matematicamente:

$$PMe_{X_i} = \frac{Y}{X_i} \quad (3)$$

$$PMe_{X_i} \cdot P_Y = VPMe_{X_i} \quad (3.1)$$

A elasticidade parcial de produção  $\varepsilon_{X_i}$ , mostra a porcentagem de variação da produção quando ocorre uma variação de 1% no insumo (SANTOS, LÍRIO e VIEIRA, 2009). Matematicamente:

$$\varepsilon_{X_i} = \frac{\Delta\%Y}{\Delta\%X_i} = \frac{\Delta Y}{Y} \cdot \frac{X_i}{\Delta X_i} = \frac{PMa_{X_i}}{PMe_{X_i}} \quad (4)$$

A elasticidade total de produção ( $\varepsilon_p$ ) é igual ao somatório das elasticidades parciais dos fatores. A elasticidade total de produção é o aumento percentual na produção decorrente do aumento de 1% em todos os fatores (SANTOS, LÍRIO e VIEIRA, 2009). Matematicamente:

$$\varepsilon_p = \varepsilon_{X_1} + \varepsilon_{X_2} + \dots + \varepsilon_{X_n} \quad (5)$$

Rendimentos à escala é a proporção que o produto aumenta quando os insumos são aumentados de forma proporcional entre si. Existem três tipos de rendimentos à escala: rendimentos constantes, crescentes e decrescentes. Quando o rendimento é crescente, ao dobrar a quantidade dos insumos a produção mais que dobra. Quando o rendimento é decrescente, ao dobrar a quantidade de insumo o aumento na produção é menos que o dobro.

Nos rendimentos constantes, ao dobrar os insumos a produção também dobra (PINDYCK e RUBINFELD, 2006).

Neste trabalho, foi utilizada a função Cobb-Douglas que é muito utilizada na literatura (KURODA, KALFAS e ELLER, 2012; ROCHA, 2013; STRASSBURG *et al.*, 2014; FREGNANI, *et al.*, 2019 e; FREITAS, 2021). O uso desta função confere ao processo matemático certa simplicidade e atende perfeitamente à precisão demandada para a estimação. A forma funcional da produção tipo Cobb-Douglas é dada por:

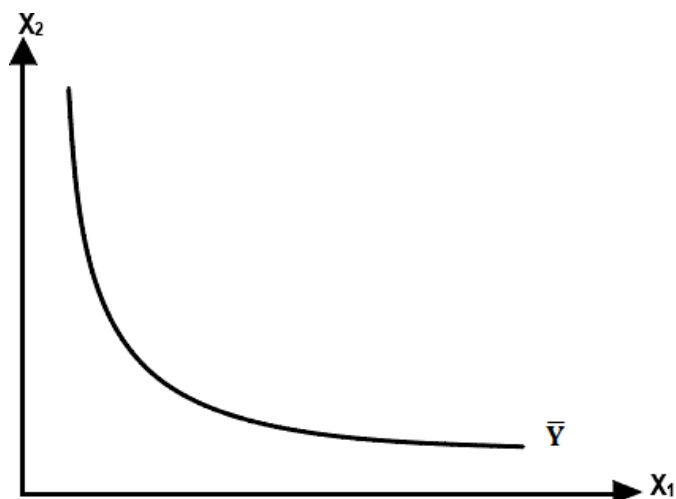
$$Y = A \prod_{i=1}^n X_i^{\alpha_i}, \text{ ou} \tag{6}$$

$$\ln Y = \ln A + \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln X_i, \tag{7}$$

Em que: Y = Produção; A = Parâmetro de eficiência; n = Número de variáveis independentes;  $\alpha$  = Elasticidade parcial de produção em relação ao i-ésimo fator e;  $X_i$  = Quantidade da i-ésima variável explicativa.

Segundo Varian (2015), no caso de uma Cobb-Douglas, a análise do tipo de rendimento à escala pode ser feita a partir da análise da soma dos seus expoentes. Se  $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n > 1$ , existem rendimentos crescentes; se  $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n < 1$ , tem-se rendimentos decrescentes e se  $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$ , obtêm-se rendimentos constantes<sup>1</sup>. Sobre a função Cobb-Douglas, destaca-se ainda que a mesma permite a substituição imperfeita entre os fatores de produção, ou seja, não é possível produzir utilizando apenas um dos fatores de produção. Graficamente, tal característica é representada por uma isoquanta estritamente convexa que nunca intercepta o eixo dos fatores (Figura 1).

Figura 1: Isoquanta: diversas combinações de  $X_1$  e  $X_2$  que geram o mesmo nível de produto ( $\bar{Y}$ ), para a função Cobb-Douglas



Fonte: Elaboração própria, a partir de Varian (2015)

Ademais, cada expoente  $\alpha_i$  dos fatores representa a respectiva elasticidade parcial de produção de forma que o somatório dos mesmos representa a elasticidade total de produção para a função Cobb-Douglas.

<sup>1</sup> Quando se admite os três tipos de rendimento, tem-se uma função do tipo Cobb-Douglas, uma vez que a função Cobb-Douglas original, disponível em Cobb e Douglas (1928), tem rendimentos constantes de escala.

Ainda sobre a Cobb- Douglas, pode-se apresentar tal função em seu formato clássico conforme segue:

$$Y = A X_1^a \cdot X_2^b, \quad (8)$$

Em que  $A$  é o parâmetro de eficiência, indicando o nível de tecnologia da empresa;  $a$  e  $b$  são os parâmetros de intensidade do insumo, que na Cobb-Douglas indicam também a elasticidade parcial de produção dos fatores  $X_1$  e  $X_2$  e;  $Y$  é a quantidade produzida.

A partir da equação (9), é possível calcular os  $PM_{Max_i}$  para cada fator:

$$\frac{dY}{dX_1} = aA X_1^{a-1} \cdot X_2^b, \quad (9)$$

$$\frac{dY}{dX_2} = bA X_1^a \cdot X_2^{b-1} \quad (9.1)$$

A Cobb-Douglas é utilizada para fazer análises de longo prazo, porém, quando se fixa um fator e varia o outro, é obtida uma análise de curto prazo. Nessa última, é possível analisar se a atuação da firma se encontra dentro do estágio racional de produção, caracterizado pela presença de produtos marginais positivos.

Dadas as características da Cobb-Douglas, que permitem que sejam realizadas várias inferências e interpretações sobre a atuação da firma, ela foi aplicada ao caso da Gol com o intuito de expor a dinâmica de produção da empresa.

#### 4. METODOLOGIA

Neste trabalho, foi utilizada a função Cobb-Douglas em sua forma logarítmica, onde a produção ( $Y_i$ ) é escrita em função das variáveis de capital e trabalho. A variável que representa a produção é o RPK (Passageiro por Quilômetro Pago Transportado em milhões de reais), a qual representa a demanda por transporte aéreo de passageiros. O cálculo do RPK é feito da seguinte forma: somatório do produto obtido ao multiplicar-se o número de passageiros pagantes em uma etapa de voo pela distância da etapa. Matematicamente:

$$RPK = \sum (Distância \cdot Passageiros \text{ pagantes}) \quad (10)$$

A variável de capital são as Horas de Voo Totais Diárias (HVT) composta pelo produto da taxa de utilização da aeronave (número médio de horas por dia em que a aeronave esteve em operação) e a frota média operacional. A variável que representa a mão de obra é o número de funcionários efetivos no final do período. Pode-se apresentar a função Cobb-Douglas estimada no formato clássico:

$$RPK_t = A \cdot HVT_t^{\beta_2} \cdot FE_t^{\beta_3} \cdot u_t \quad (11)$$

Porém, para a estimação do modelo é necessário utilizar a função em sua forma linearizada. Dessa forma, a representação da regressão logarítmica da função Cobb-Douglas utilizada neste trabalho é escrita da seguinte forma:



$$\log(RPK_t) = \beta_1 + \beta_2 \log HVT_t + \beta_3 \log FE_t + \varepsilon_t \quad (12)$$

Para realizar a estimação do modelo estatístico, usou-se o Método de Correção de Erros (MCE), sendo que anteriormente foi realizado o teste de estacionariedade e cointegração para analisar a viabilidade desta aplicação.

Conforme Griffiths, Judge e Hill (2012), a estimação do modelo de correção de erros é um Processo de Diferença Estacionária (PDE). Sendo esse processo representado da seguinte forma:

$$\Delta RPK_t = RPK_t - RPK_{t-1} \quad (13)$$

Substituindo a primeira diferença da equação (13) na equação (12), observa-se que:

$$\log \Delta RPK_t = \beta_1 + \beta_2 \log \Delta HVT_t + \beta_3 \log \Delta FE_t + \Delta \varepsilon_t \quad (14)$$

Estimar a equação em diferença resulta na perda das informações de longo prazo. No entanto, o MCE permite vincular o comportamento de curto prazo do RPK para o seu valor de longo prazo ao incluir no modelo o termo de erro defasado ( $\varepsilon_{t-1}$ ). Esse último é estimado por meio da aplicação do método de Mínimos Quadrados Ordinários na equação (12) e inserido na equação (14), conforme segue:

$$\log \Delta RPK_t = \beta_1 + \beta_2 \log \Delta HVT_t + \beta_3 \log \Delta FE_t + \beta_4 \varepsilon_{t-1} + u_t \quad (15)$$

Onde  $\Delta$  é o operador da diferença; ( $\varepsilon_{t-1}$ ) é o termo de erro da equação (12) defasado em um período e representa a ( $\varepsilon_t$ ) da equação (14) e;  $\beta_4$  é o coeficiente do erro equilibrador de longo prazo.

Conforme Gujarati e Porter (2011), se o termo de erro de equilíbrio for diferente de zero, o modelo está fora de equilíbrio. Dessa forma, o coeficiente  $\beta_4$  será responsável por eliminar esse desequilíbrio a cada período, até que a série atinja o seu equilíbrio de longo prazo. Ainda segundo os autores, destaca-se que os coeficientes  $\beta_2$  e  $\beta_3$  referem-se às elasticidades de curto prazo, sendo que para obter as elasticidades de longo prazo, deve-se estimar a equação (12) com a variável de tendência que capte a tendência da série, desde que os resíduos dessa equação sejam estacionários.

Para testar a estacionariedade e a cointegração das séries RPK, HVT e FE, foram aplicados, consecutivamente, o teste de Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS) e o teste de cointegração de Johansen.

O teste de KPSS possui como hipótese nula a ausência de raiz unitária, ou seja, a série é estacionária. Após realizar a análise de estacionariedade, é possível determinar a ordem de integração das séries e prosseguir com a análise da cointegração. Aplicou-se o teste de cointegração de Johansen para testar se há relação de longo prazo entre as séries. A análise do resultado do teste pode ser feita a partir do p-valor do teste do traço, cuja hipótese nula é de que não há nenhum vetor de cointegração e a hipótese alternativa, que há pelo menos um vetor de cointegração.

Por fim, verificou-se a hipótese de ausência de autocorrelação, a qual pressupõe que os termos de erro das observações não estão relacionados. Quando o modelo não mantém a

hipótese de ausência de autocorrelação, os estimadores deixam de ser eficientes, pois não possuem mais variância mínima. Com o objetivo de testar se os resíduos são autocorrelacionados, foi aplicado o teste Breusch-Godfrey (BG). As hipóteses do teste BG são:  $H_0$ : não há autocorrelação e  $H_1$ : há autocorrelação. Caso o modelo apresente autocorrelação, a mesma será corrigida por meio da estimação do modelo com erros padrões robustos.

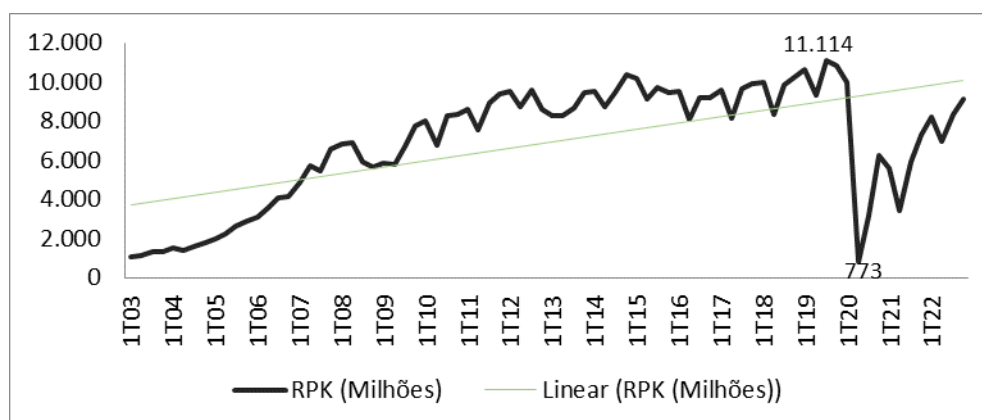
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Iniciando pela análise descritiva das variáveis utilizadas no modelo, tem-se que as médias dos valores foram de, respectivamente, R\$6.895,39 milhões, 1.117,37 horas/dias e 13.736,36 funcionários para RPK, HVT e FE. Já o desvio-padrão das mesmas foi de, respectivamente, R\$2.979,66; 435,37 horas/dias e; 5.119,78 funcionários para RPK, HVT, FE.

Conforme a Figura 2, ao longo do período analisado, o menor valor do RPK ocorreu no segundo trimestre de 2020 (2T20), evidenciando os impactos diretos da pandemia do Coronavírus no volume das operações. O RPK de R\$773 milhões no 2T20 foi equivalente à redução de 92% em relação ao período 2T19 (Gol, 2020). O maior valor que o RPK apresentou foi de R\$11.114 milhões no terceiro trimestre de 2019 (3T19), sendo impulsionado pelo crescimento de 13% da demanda dos passageiros (GOL, 2019). Destaca-se que o RPK da empresa apresentou tendência de alta no período analisado, representada pela reta (tendência linear).

Apesar disso, é importante destacar que as perdas de demanda geradas pela pandemia de Covid-19 não foram totalmente recuperadas, uma vez que a mesma alterou os gastos das empresas com viagens corporativas, principal fonte de receitas do setor aéreo, já que as tecnologias de telepresença impostas pelo confinamento tornaram-se cada vez mais frequentes. Dessa forma, a pandemia, juntamente com a alta do dólar e do preço do petróleo, fez com que a Gol tivesse, no período recente, baixa geração de caixa e aumento das dívidas. Com isso, a empresa entrou no final de janeiro de 2024, com um pedido de recuperação judicial nos Estados Unidos, após dívidas de R\$20,2 bilhões (JULIBONI, 2024).

Figura 2: Série histórica do RPK, 2003 – 2022

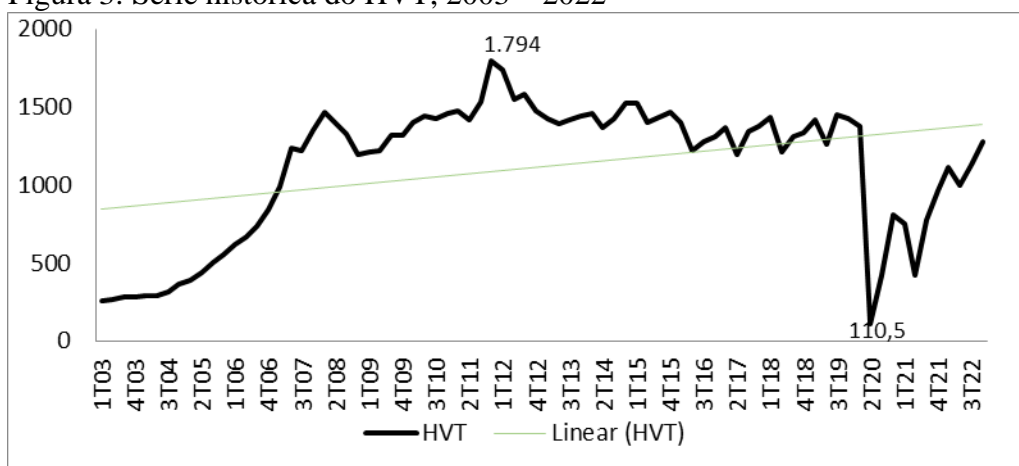


Fonte: Voegol (2023).

Em relação ao insumo de capital, a Figura 3 indica que o HVT teve o seu uso máximo no quarto trimestre de 2011 (4T11), sendo o equivalente a 1.794. Tal valor pode ser explicado

pelo aumento da frota média operacional, ocasionado pela aquisição completa do capital da Webjet pela Gol, acontecimento responsável pela variação de 25,3% no número Médio de Aeronaves Operacionais em relação ao quarto trimestre do ano anterior (Gol, 2012a). O HVT mínimo ocorreu no segundo trimestre de 2020 (2T20), período em que ocorreu a redução expressiva das duas variáveis que compõe o HVT, apresentando variação negativa de 44% para a taxa de utilização média diária das aeronaves e de 84,3% para a frota média operacional. Tal resultado é explicado pela redução na demanda em função da pandemia do Coronavírus (GOL, 2020). Ressalta-se que assim como o RPK, a variável HVT apresentou tendência de alta no período analisado.

Figura 3: Série histórica do HVT, 2003 – 2022

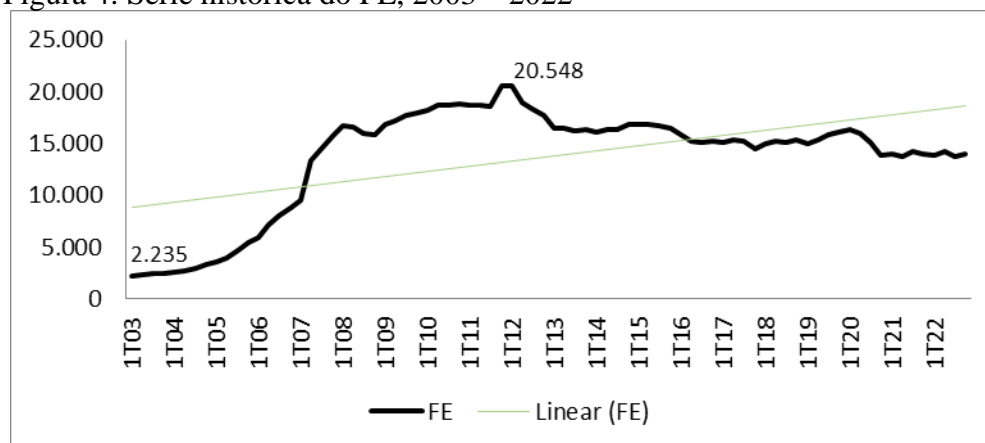


Fonte: Voegol (2023).

Passando para a análise da trajetória da variável FE, a Figura 4 mostra que o número mínimo de funcionários efetivos ocorreu no primeiro trimestre de 2003, sendo de 2.235, provavelmente ocasionado pelo fato de que a Gol estava em seus primeiros anos de atuação. É evidente que o uso de mão de obra vem aumentando ao longo da atuação da companhia, mas no primeiro trimestre de 2012 (1T12) o aumento foi mais expressivo em função da incorporação da Webjet. Dessa forma, o uso máximo deste insumo ocorreu no 1T12, representando variação de 9,8% em relação ao 1T11. Ademais, o impacto da incorporação da Webjet na dimensão desse aumento fica mais evidente quando se analisa os dados somente da Gol, sem a incorporação dos dados da Webjet, para os quais a variação de FE em relação ao período anterior foi de 0,5% (GOL, 2012b). Assim como as outras variáveis, a mão de obra apresentou tendência de alta ao longo do período analisado.

Passando para a análise econométrica dos dados, os resultados estimados para a função de produção da Gol são apresentados na seguinte ordem: resultados do teste de estacionariedade (KPSS), de cointegração (Johansen), de autocorrelação (BG) e a função estimada.

Figura 4: Série histórica do FE, 2003 – 2022



Fonte: Voegol (2023).

Para testar a estacionariedade das séries estudadas, aplicou-se o teste KPSS. Os resultados obtidos mostram que as séries não são estacionárias em nível. Realizando o teste para primeira diferença, as séries aceitam a hipótese nula de que a série é estacionária a nível de significância de 10% (Tabela 1). Desse modo, conclui-se que as séries são integradas de ordem I(1), havendo possibilidade de serem cointegradas.

Tabela 1: Teste de estacionariedade em nível e diferença

Séries	Em nível P-Valor	1ª diferença P-Valor
logRPK	< 0,01	p > 0,10
logHVT	< 0,01	p > 0,10
logFE	< 0,01	p > 0,10

Fonte: Resultados da pesquisa.

O teste de cointegração de Johansen apresentou p-valor de 0,0119. Dessa forma, não se pode aceitar a hipótese nula de que não vetor de cointegração. Sendo assim, pode-se afirmar que as séries analisadas são cointegradas de mesma ordem I(1) e os resíduos são integrados de ordem I(1).

A aplicação do teste de autocorrelação residual (Breusch-Godfrey) indicou que o modelo é autocorrelacionado. O p-valor foi de ordem de 0,00335 e assim, não se pode aceitar a hipótese nula de que não há autocorrelação. Para corrigir o problema da autocorrelação, foi estimado o modelo da equação (15) com erros padrões robustos, conforme Tabela 2.

Inicialmente, observa-se que o coeficiente do termo equilibrador de longo prazo é negativo e estatisticamente significativo a 1%. O seu valor indica que cerca de 11,63% da discrepância entre o RPK de longo prazo e o de curto prazo é corrigido dentro do trimestre. Portanto, dado alguma modificação, seriam necessários 8,6 trimestres para que o RPK atingisse o seu equilíbrio de longo prazo.

Tabela 2: Resultado da estimativa do MCE para a Gol no período de 2003 a 2022

Variável	Coefficiente	p-valor
$\beta_1$	0,0111209	0,0192 **
$\Delta \log HVT_t$	1,00970	2,67e-087 ***
$\Delta \log FE_t$	-0,199694	0,0215 **
$\varepsilon_{t-1}$	-0,116327	0,0019 ***

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: (\*\*) significativo a 5%, (\*\*\*) significativo a 1%.

Quanto aos coeficientes dos fatores de produção, o referente ao fator capital (HVT) foi positivo e estatisticamente significativo a 1%. Como tal coeficiente se refere à elasticidade de produção de curto prazo, o mesmo indica que nesse período de tempo, o aumento em 1% do capital (HVT), tudo o mais constante, eleva a produção (RPK) em 1%. Por outro lado, o coeficiente do fator trabalho, estatisticamente significativo a 5%, foi negativo, indicando que nesse período, o aumento em 1% do trabalho (FE), tudo o mais constante, diminui a produção (RPK) em 0,2%. Portanto, no curto prazo, a produção depende fortemente do capital, o qual é o maior responsável pelo RPK gerado. Esse resultado, indicando que a produção é intensiva em capital, vai ao encontro da literatura sobre o setor, conforme apontado pelos estudos de Kuroda, Kalfas e Eller (2012), Fregnani *et al.* (2019) e Freitas (2021). No entanto, deve-se destacar que embora o coeficiente do fator trabalho seja negativo, a sua presença é importante para a efetiva realização dos voos. Dito de outra forma, embora sem o fator capital (HVT) relacionado às aeronaves não seja possível gerar RPK, é indispensável a presença de funcionários, ou seja, da tripulação composta pelo comandante, copiloto, mecânico de voo e comissários de voo, além dos funcionários da empresa de apoio e de administração. Tal ponto vai ao encontro da isoquanta apresentada na Figura 1, característica de uma função tipo Cobb-Douglas, na qual para haver produção, é necessária a utilização dos dois insumos produtivos, que no caso do estudo, são os fatores HVT (capital) e FE (trabalho). Isso é verificado pelo fato da isoquanta não tocar os eixos dos dois fatores. Cabe destacar que como no presente estudo a elasticidade de um dos fatores foi negativa, a isoquanta seria positivamente inclinada.

Para verificar o rendimento de escala auferido pela empresa no curto prazo, basta somar os coeficientes dos dois fatores considerados, obtendo-se o valor de 0,81% para a elasticidade total de produção. Dessa forma, ao aumentar proporcionalmente os dois fatores em 1%, a produção aumentaria em 0,81%, indicando a existência de rendimentos decrescentes à escala no curto prazo. Esse resultado foi também encontrado por Fregnani *et al.* (2019), utilizando dados de 2009 a 2015 para a empresa Gol. Sobre esse ponto, Doganis (2005) aponta que esse resultado é esperado para companhias aéreas relativamente grandes, ou seja, com mais de 20 aeronaves.

Como o modelo da Tabela 2 apresenta as relações de curto prazo entre as variáveis, estimou-se o modelo da equação (12) com a tendência quadrática identificada na série. Como os resíduos desse modelo foram estacionários, os coeficientes dos fatores HVT e FE representam as elasticidades de produção de longo prazo. Novamente, o coeficiente do fator trabalho foi negativo (-0,2963) e inferior em comparação ao fator capital (7,1395). Nesse sentido, a interpretação do curto prazo se mantém no longo prazo, ou seja, a produção da empresa é intensiva em capital. No entanto, no longo prazo, o impacto do HVT sobre o RPK

se mostrou bem superior, já que a elasticidade de produção desse fator no longo prazo indicou que o aumento de 1% no fator HVT elevaria a produção em 7,1395%. Dessa forma, no longo prazo, a empresa passaria de retornos decrescentes de escala para retornos crescentes de escala, uma vez que a soma dos coeficientes dos dois fatores de produção nesse período, representando a elasticidade total de produção no longo prazo, é de 6,8432%. Uma possível explicação para esse maior impacto do fator HVT no longo prazo pode estar relacionado ao fato de que nesse período a empresa pode definir melhor a quantidade de aeronaves e organizar de forma mais eficiente a utilização da sua frota, obtendo assim, melhores resultados em termos de ganhos de produção. Dessa forma, para usufruir dos ganhos de longo prazo, é importante para a empresa realizar o planejamento adequado da utilização da sua frota, sendo que nesse aspecto, a infraestrutura para o setor no país em termos de concessões de aeroportos e falta de avanços no gerenciamento do tráfego aéreo é um entrave nesse sentido.

Sobre os retornos à escala no setor aéreo, Castro, Silva e Marinho (2019) apontam que na literatura internacional não há um consenso acerca de qual seria o tipo de retorno característico do mesmo, sendo que especificamente para o caso brasileiro, a conclusão é a mesma. Portanto, os retornos à escala decrescentes no curto prazo e crescentes no longo prazo estão de acordo com as diversas possibilidades apontadas pelos autores, que ainda destacam o fato de que mudanças nos marcos regulatórios, período escolhido, objeto de estudo e eventos exógenos influenciam diretamente no tipo de retorno auferido por uma empresa do setor aéreo.

Considerando as elasticidades de longo prazo, pode-se apresentar a função Cobb-Douglas estimada no formato clássico:

$$Y = HVT_i^{7,1395} \cdot FE_i^{-0,2963}, \quad (16)$$

A partir de (16), obtém-se o  $PMax_i$  para os dois fatores considerados derivando a função em relação a cada um dos fatores, conforme segue:

$$\frac{dY}{dHVT} = 7,1395 \cdot HVT^{7,1395-1} \cdot FE^{-0,2963}; \quad (17)$$

$$\frac{dY}{dFE} = (-0,2963) \cdot HVT^{7,1395} \cdot FE^{-0,2963-1} \quad (17.1)$$

No estágio racional ou eficiente de produção, os fatores de produção apresentam produtos marginais positivos, já que só faz sentido aumentar ou manter determinada quantidade de um fator quando o mesmo aumenta a produção. Dado que o PMA da mão de obra é menor que zero, observa-se que para esse fator, uma das condições para que a empresa atue no estágio racional não é mantida. Destaca-se que esse mesmo resultado para a Gol foi encontrado por Freitas (2021), utilizando dados trimestrais compreendidos entre 2010 e 2019. Já o estudo de Kurodas, Kalfas e Eller (2012), embora tenha encontrado um valor positivo para o coeficiente do fator trabalho, destacam que o mesmo diminuiu entre 2003 e 2009 e justificam tal queda pela aquisição da VARIG pela Gol. Segundo os autores, tal incorporação parece ter tornada excessiva a mão de obra na Gol, reduzindo a produtividade desse fator, sendo essa tendência de fato refletida também no presente estudo. O mesmo achado foi encontrado por Fregnani *et al.* (2019), que ao utilizar dados da Gol entre 2009 e 2015, aponta que o coeficiente negativo para o fator trabalho aponta que a empresa não tem implementado



esforços suficientes para aumentar a produtividade desse fator, apesar de ter havido discreta melhora desse indicador após a aquisição da Webjet em 2012.

Nesse sentido, a recomendação seria buscar o aumento da produtividade do fator trabalho de forma a alterar a função produto marginal de negativa para positiva, via novas práticas de gestão de pessoas e produção ou mesmo com a diminuição do quadro de funcionários.

Conforme realizado por Freitas (2021), é possível calcular o ponto de máxima produção para a Gol no período. Considerando o sinal obtido para as elasticidades de HVT e FE, entende-se que maiores quantidades de HVT e menores para FE são preferíveis. Portanto, os valores de HVT e FE que maximizam o produto são, respectivamente, 1.794 (valor máximo) e 2.235 (valor mínimo). Dessa forma, a Razão de máxima produção no período seria obtida conforme segue:

$$\text{Razão de máxima produção} = \frac{HVT}{FE} = \frac{1.794}{2.235} = 0,803 \quad (18)$$

A fim de verificar se ao longo do período a Gol esteve atuando próxima da razão verificada pela equação (18), foi calculada a média dessa equação, considerando os valores observados em cada trimestre. O resultado dessa média, denominada razão média de produção, foi de 0,0852, com desvio padrão de 0,018186. Dessa forma, observou-se que a empresa esteve atuando abaixo da Razão de máxima produção ao longo do período analisado, notadamente pelo fato de o fator de produção trabalho estar apresentando produto marginal negativo. Essa mesma conclusão para a empresa foi encontrada por Freitas (2021). Interessante notar que nesse mesmo estudo, a autora encontrou que para a empresa Azul, a mesma estaria atuando na razão de máxima produção, uma vez que ela apresentou função de produção com coeficientes positivos para o capital e o trabalho.

Assim, em virtude dos resultados encontrados, torna-se importante para a Gol rever a utilização dos seus fatores de produção, notadamente o trabalho, de forma a aumentar a sua produtividade e, conseqüentemente, os seus lucros. Tal ponto torna-se ainda mais urgente em virtude da instabilidade financeira do setor, no qual a própria empresa se encontra em processo de recuperação judicial.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo estimar a função de produção da Gol para o período de 2003 a 2022. De forma mais específica, pretendeu-se identificar as elasticidades parciais de produção, o rendimento à escala e a análise do estágio de produção.

De acordo com os resultados obtidos, a variável que mede a quantidade produzida, Passageiros Pagos por Quilometros Transportados Total (RPK), é mais sensível a uma variação das Horas de Voo Totais Diárias, já que tal fator apresenta, tanto no curto como no longo prazo, elasticidade parcial de produção positiva e superior à verificada para o número de Funcionários Efetivos no final do período. Dessa forma, a produção é mais sensível ao fator capital, caracterizando a empresa como capital intensiva, compartilhando das características do setor.

O insumo de mão de obra apresentou elasticidade negativa e, portanto, produto marginal negativo. Dessa forma, recomenda-se a implementação de medidas que aumentem a produtividade do fator, optando sempre por estimular o aumento da produtividade ao invés de

aumentar as quantidades utilizadas do fator.

Além disso, a função de produção estimada apresentou rendimentos decrescentes à escala no curto prazo, o que determina que a produção aumenta menos do que proporcionalmente ao aumento dos fatores de produção nesse período, mas crescentes a longo prazo, ou seja, a produção eleva-se mais do que proporcionalmente ao aumento dos fatores de produção nesse período. Uma possível explicação para esse resultado pode ser o fato de que no longo prazo, a empresa pode definir melhor a quantidade e organizar de forma mais eficiente a utilização da sua frota, obtendo assim, melhores resultados em termos de ganhos de produção, a qual se mostrou capital intensiva. Ademais, os valores obtidos para os produtos marginais dos fatores permitem afirmar que a empresa está atuando no estágio racional para o fator capital, mas fora dele para o fator trabalho, indicando a necessidade de ajustes na utilização desse último.

A principal limitação deste estudo foi o número relativamente escasso de dados disponíveis, ocasionada pela atuação ainda recente da companhia. Uma possibilidade de estudo futuro é a realização da estimação da função de produção para as outras companhias ou até mesmo todas, com a finalidade de realizar comparações entre elas ou de realizar uma análise do setor de forma geral. Outra sugestão seria estimar a função de produção da empresa por meio de outras formas funcionais, como a Leontief ou a CES.

## REFERÊNCIAS

- ABEAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS AÉREAS. **Os 90 anos do SNEA e a história da aviação comercial brasileira**. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/os-90-anos-do-snea-e-hist%C3%B3ria-da-avia%C3%A7%C3%A3o-comercial-brasileira-abear-gwljf>. Acesso em: 26/03/2024.
- AEROMAGAZINE. **Os desafios da aviação comercial no Brasil**. Disponível em: <https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/os-desafios-da-aviacao-comercial-no-brasil.html>. Acesso em: 26/03/2024.
- AYDIN, U.; KARADAYI, M. A.; ÜLENGİN, F. How efficient airways act as role models and in what dimensions? A superefficiency DEA model enhanced by social network analysis. **Journal of Air Transport Management**, v. 82, p. 1-15, Jan. 2020.
- ALVES, L. B. Produção agrícola agregada do Estado do Paraná em 1995. **Revista Anhanguera**, Goiânia, v. 3, n. 1, p. 103-121, jan./dez. 2002.
- BIELSCHOWSKY, P.; CUSTÓDIO, M. C. A evolução do setor de transporte aéreo brasileiro. **Novo Enfoque**, v. 13, n. 13, p. 72 – 93. 2011.
- BINDER, M. P. Rede de recursos: um modelo desenvolvido a partir do caso Gol linhas aéreas. **Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 28-43, 2009.
- CASTRO, K. P.; SILVA, L. H. S.; MARINHO, A. Análise da fusão Azul-Trip sob a ótica dos ganhos de eficiência. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 23, n.1, p.1-33, jan./abr. 2019.
- CAVES, D.W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. Multilateral comparisons of output, input, and productivity using superlative indices numbers. **The Economic Journal**, v. 92, n. 365, p. 73-86, Mar.1982.
- COBB, C. W.; DOUGLAS, P.H. A Theory of Production. **The American Economic Review**, v.18, n. 1, p.139-165, 1928.
- DOGANIS, R. **Flying off course: the economics of international airlines**. 3. ed. Londres: Routledge, 2002. 368 p.
- DOGANIS, R. **The Airline Business in the 21st Century**. Londres: Routledge, 2005. 253 p.



DOUGLAS, G. W.; MILLER, C. J. **Economic regulation of domestic air transport: Theory and policy** (Studies in the regulation of economic activity). Washington: Brookings Institution, 1974. 211 p.

FERREIRA, J. C. Um breve histórico da aviação comercial brasileira. **Anais do XII Congresso Brasileiro de História Econômica e 13ª Conferência Internacional de História de Empresas**. Niterói: UFF/ABPHE, 2017.

FORBES. **Latam amplia liderança no mercado aéreo brasileiro em 2023**. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-money/2024/01/latam-amplia-lideranca-no-mercado-aereo-brasileiro-em-2023/#:~:text=ultrapassou%20a%20Gol,-.A%20Latam%20encerrou%202023%20com%20participa%C3%A7%C3%A3o%20de%2037%2C8%25%20no,acordo%20com%20dados%20da%20Anac>. Acesso em: 28/03/2024.

FREGNANI, J. A. T. G.; ORRA, T. H.; ELLER, R. A. G.; MATTOS, B. S. The impact on production and costs after the acquisition of an airline by a competitor in Brazil: a Cobb-Douglas function application. **Transportes**. v. 17, n.1, 2019.

FREITAS, B. F. **Aplicação da função de cobb-douglas com restrições em casos de companhias aéreas**. Trabalho de conclusão de curso (Ciências Atuariais) - Universidade Federal de São Paulo. Osasco. 2021. 54 f.

GOL Linhas Aéreas Inteligentes S.A. **4º Trimestre de 2011**. 26/03/2012a. p. 27.

GOL Linhas Aéreas Inteligentes S.A. **1º Trimestre de 2012**. 4/05/2012b, p. 20.

GOL Linhas Aéreas Inteligentes S.A. **Reporte de resultados do terceiro trimestre 2019**. 31/10/2019, p. 19.

GOL Linhas Aéreas Inteligentes S.A. **Relatório de resultados do segundo trimestre 2020**. 31/07/2020, p. 22.

GRIFFITHS, W. E.; JUDGE, G. G.; HILL, C. **Econometria**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2012. 496 p.

GUJARATI, N; PORTER, D.C. **Econometria básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. 924 p.

HESHMATI, A.; KUMBHAKAR, S.C.; KIM, J. Persistent and transient efficiency of international airlines. **European Journal of Transport and Infrastructure Research**, v. 18, n. 2, p. 213-278, Apr. 2018.

JULIBONI, M. **Gol (GOLL4): entenda por que empresa pediu recuperação judicial nos EUA**. Disponível em: <https://www.moneytimes.com.br/gol-goll4-entenda-por-que-empresa-pediu-recuperacao-judicial-nos-eua/>. Acesso em: 09/02/2024.

KURODA, E.T.; KALFAS, A. J.; ELLER, R.S.G. Aplicação da função Cobb-Douglas para análise da produtividade no setor aéreo: o caso da Gol. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n. 2, p. 169-179, abr. 2012.

MARTINI, G.; PORTA, F.; SCOTTI, D. Persistent and transient productive efficiency in the African airline industry. **Journal of Productivity Analysis**, p. 1-20, May 2023.

NOLAN, J.; RITCHIE, P.; ROWCROFT, J. International mergers and acquisitions in the airline industry. In: PEOPLES, J. (Ed.). **The economics of international airline transport**. Portland: Emerald Group Publishing Limited, 2014, p. 127-150.

OLIVEIRA, A. V. M. **Transporte Aéreo: Economia e Políticas Públicas**. São Paulo: Pezco Editora, 2009. 197 p.

OLIVEIRA, S. R. **Rota de colisão: a história, a crise e o fim da Varig**. Rio de Janeiro: E-papers, 2011. 272 p.

PAVAUX, J. **L'économie du transport aérien: la concurrence impraticable**. Paris: Economica, 1999. 434 p.

PINDYCK, R.S.; RUBINFELD, D.L. **Microeconomia**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2006. 641 p.

ROCHA, S. P. M. **Uma estimativa da função de produção no setor sucroalcooleiro utilizando microdados de custo.** Tese (mestrado em Economia) - Fundação Getulio Vargas, Escola de Pós-Graduação em Economia. Rio de Janeiro, 2013. 47 f.

SANTOS, M.L.; LÍRIO, V.S.; VIEIRA, W.C. **Microeconomia aplicada.** Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2009. 649 p.

SCOTTI, D.; VOLTA, N. Profitabilty change in the global airline industry. **Transportation Review**, v. 102, p. 1-12, Jun. 2017.

STRASSBURG, U; OLIVEIRA, N. M; PIACENTI, C. A; PIFFER, M. Notas sobre a função de produção agropecuária agregada do Paraná. **Revista de política agrícola.** v. 23, n. 3, p.18-28, jul./ago./set. 2014.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: uma abordagem moderna.** 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 756 p. 1044.

VELLOSO, J. P. R. (Coord.). **Transformando crise em oportunidade: diagnóstico e bases para um plano de desenvolvimento da aviação comercial brasileira (com segurança).** Rio de Janeiro: José Olympio, 2007. 140 p.

VOEGOL. **Gol relações com investidores.** Disponível em [https://ri.voegol.com.br/conteudo\\_pt.asp?tipo=53858&id=0&idioma=0&conta=28&submenu=&img=&ano=2009](https://ri.voegol.com.br/conteudo_pt.asp?tipo=53858&id=0&idioma=0&conta=28&submenu=&img=&ano=2009). Acesso em: 15/07/2023.

WHITE, L.J. Economies of scale and the question of natural monopoly in the airline industry. **Journal of Air Law and Commerce**, v. 44, n.3, p. 545-573, 1978.