imtraff
ENGENHARIA E MOBILIDADE

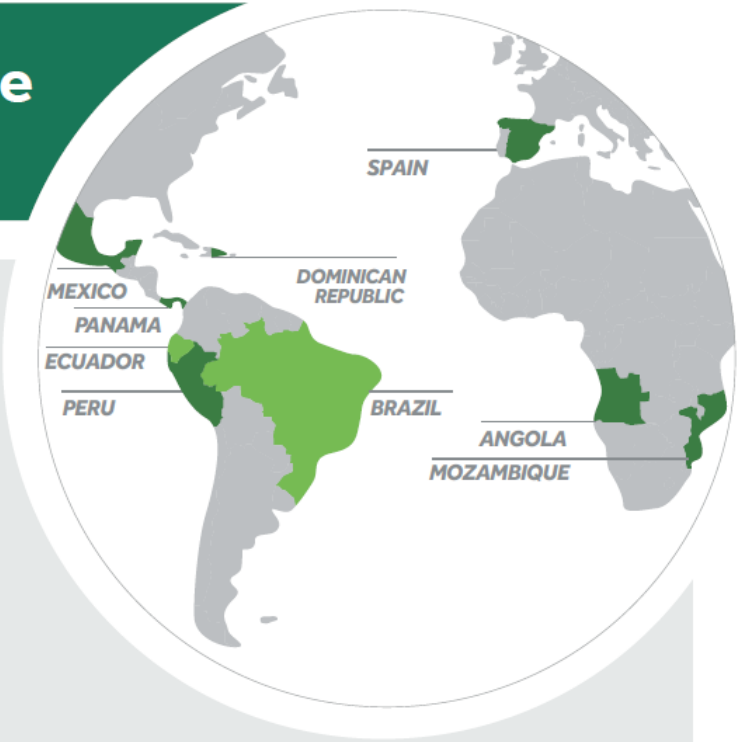
PROJEÇÃO DE TRÁFEGO EM CONCESSÕES RODOVIÁRIAS:

Melhorando as Estimativas Futuras

ENGENHARIA E MOBILIDADE

imtraff
ENGENHARIA E MOBILIDADE

Uma das maiores empresas de Engenharia de Tráfego e Transporte na América Latina.



+de 700 PROJETOS PELO MUNDO!

Engenharia a favor do Futuro da Mobilidade!

+de 10 BILHÕES
A PARTIR DE ESTUDOS DE CONCESSÃO RODOVIÁRIA.

+de 10.000 KM
DE CONSULTORIA iRAP

iRAP ACCREDITED

+de 12.000 KM
DE RODOVIAS PROJETADAS

+de 11 MILHÕES
DE HABITANTES BENEFICIADOS POR ESTUDOS DE CONCESSÃO RODOVIÁRIA

+de 4 MILHÕES (m²)
DE AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS.

+de 7.000 KM
DE ESTUDOS DE SEGURANÇA VIÁRIA

+de 8.000 KM
DE RODOVIAS SUPERVISIONADAS

+de 60.000 KM
MICRO E MACRO SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

Entre as maiores consultorias em Estudos de Concessões Rodoviárias do Brasil.

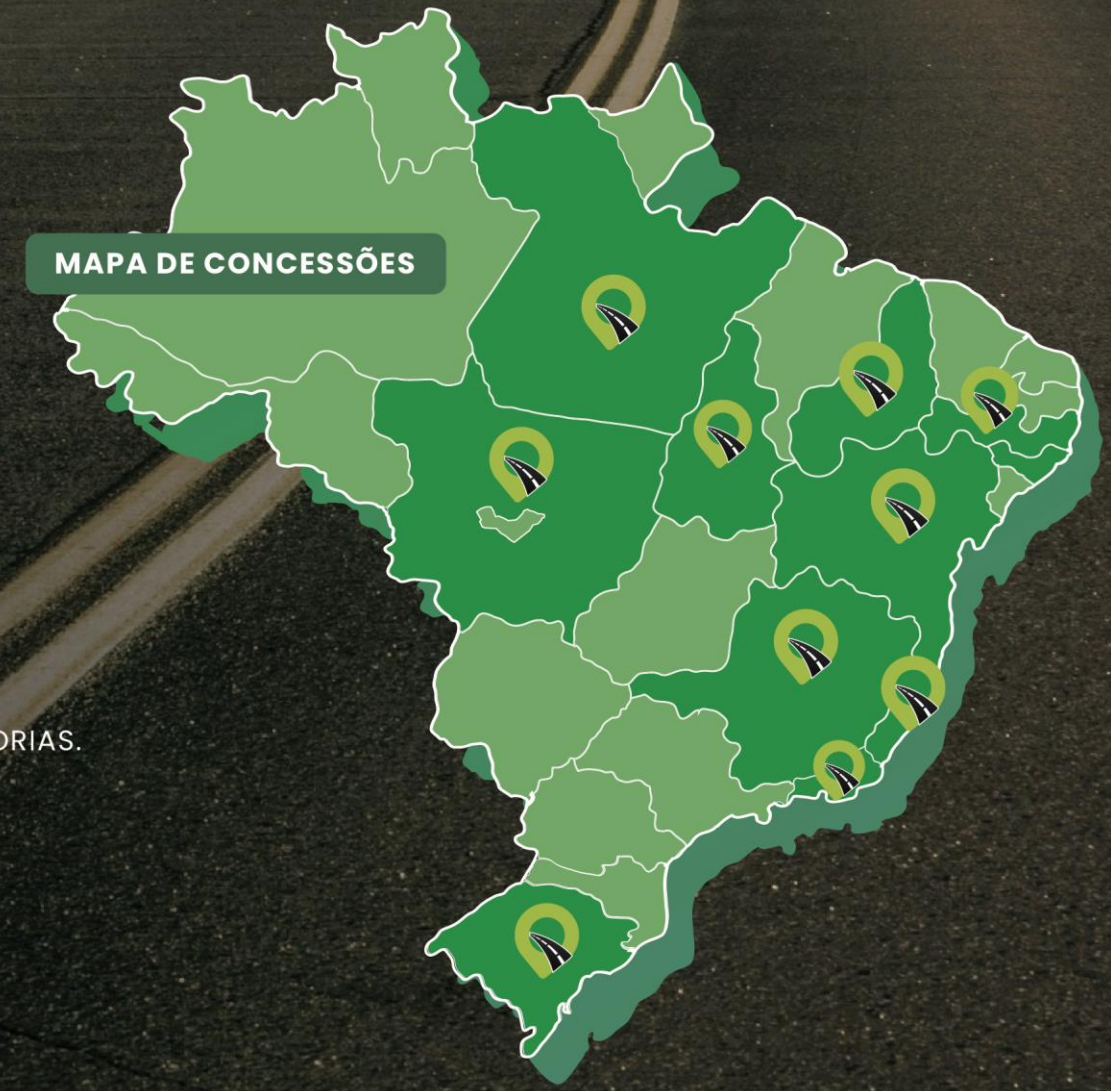
Nossos números em concessão rodoviária:

+50
BILHÕES
GERADOS DE RECEITA RESULTANTE DOS ESTUDOS.

+51
MILHÕES
DE HABITANTES IMPACTADOS E BENEFICÍADOS PELAS MELHORIAS.

+45
RODOVIAS ANALISADAS.

+6 mil
KM
EM EXTENSÃO RODOVIÁRIA



Estudo e Modelagens de Tráfego para concessões rodoviárias.

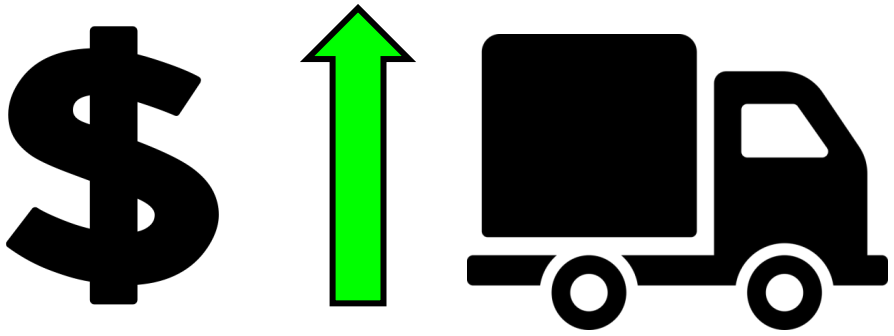
imtraff
ENGENHARIA E MOBILIDADE

Estudos de Tráfego em Concessões de Rodovia...

ENGENHARIA E MOBILIDADE

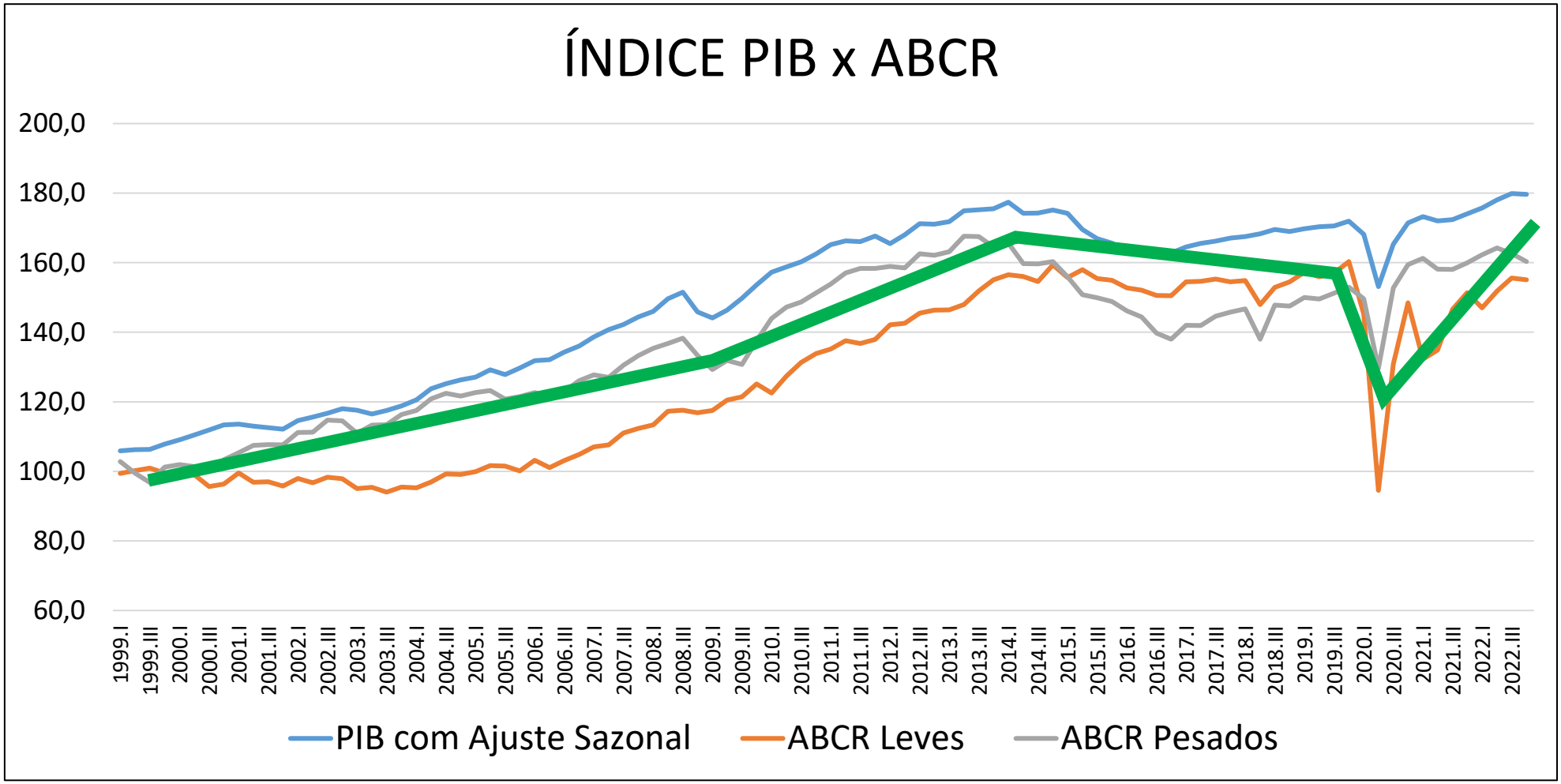
TRÁFEGO x PIB: Relação Direta

Quando o PIB está em alta, a economia está “aquecida”, tem-se mais desenvolvimento, mais pessoas trabalhando, mais dinheiro para lazer, **MAIS CARGAS E VEÍCULOS NAS ESTRADAS...** E vice-versa, quando o PIB está em baixa.



PIB x ABCR

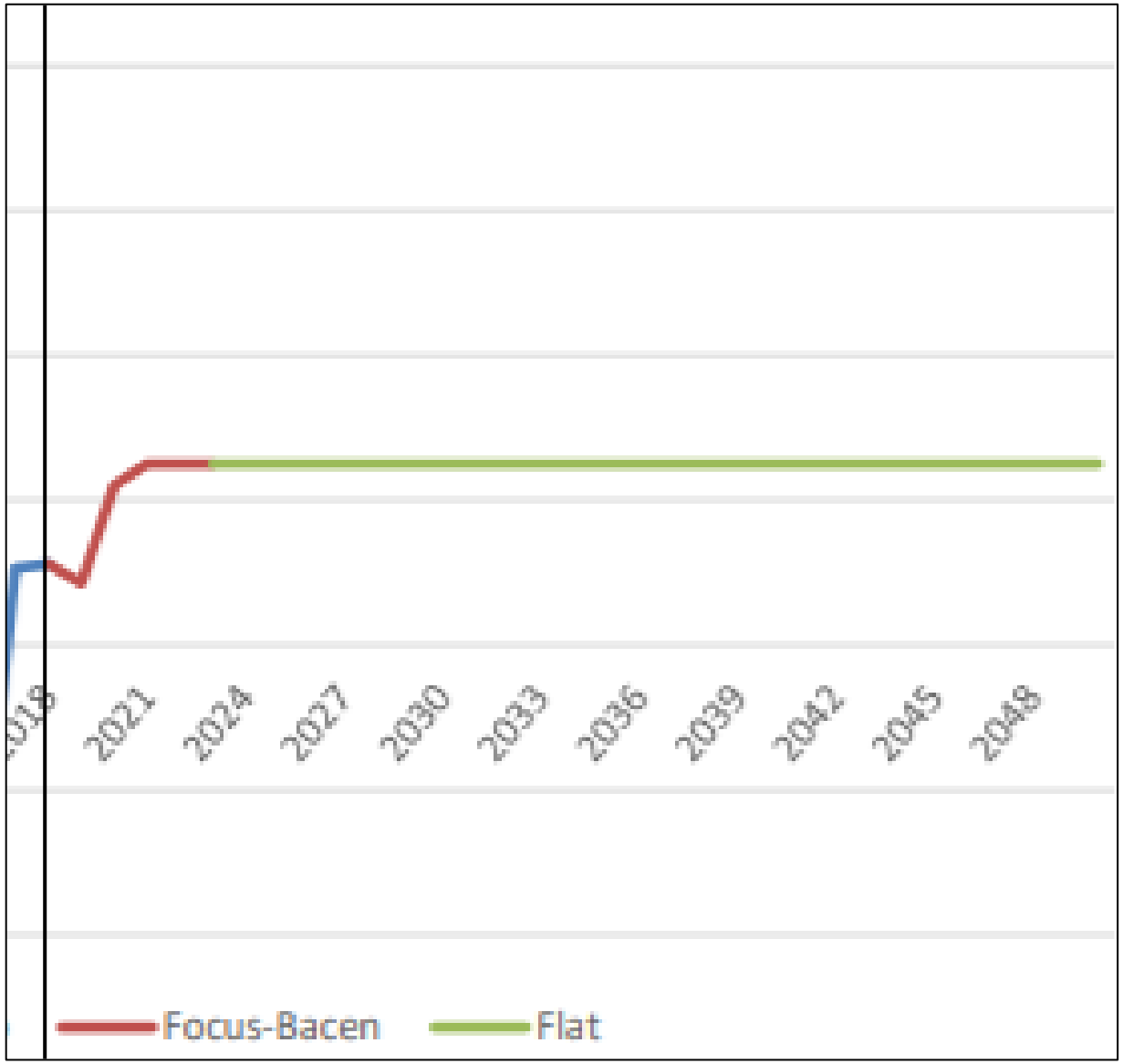
Como indica o gráfico, tem-se uma correlação entre o PIB de todo o Brasil com o índice ABCR, especialmente veículos pesados.



Fonte: Banco Central e Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias.

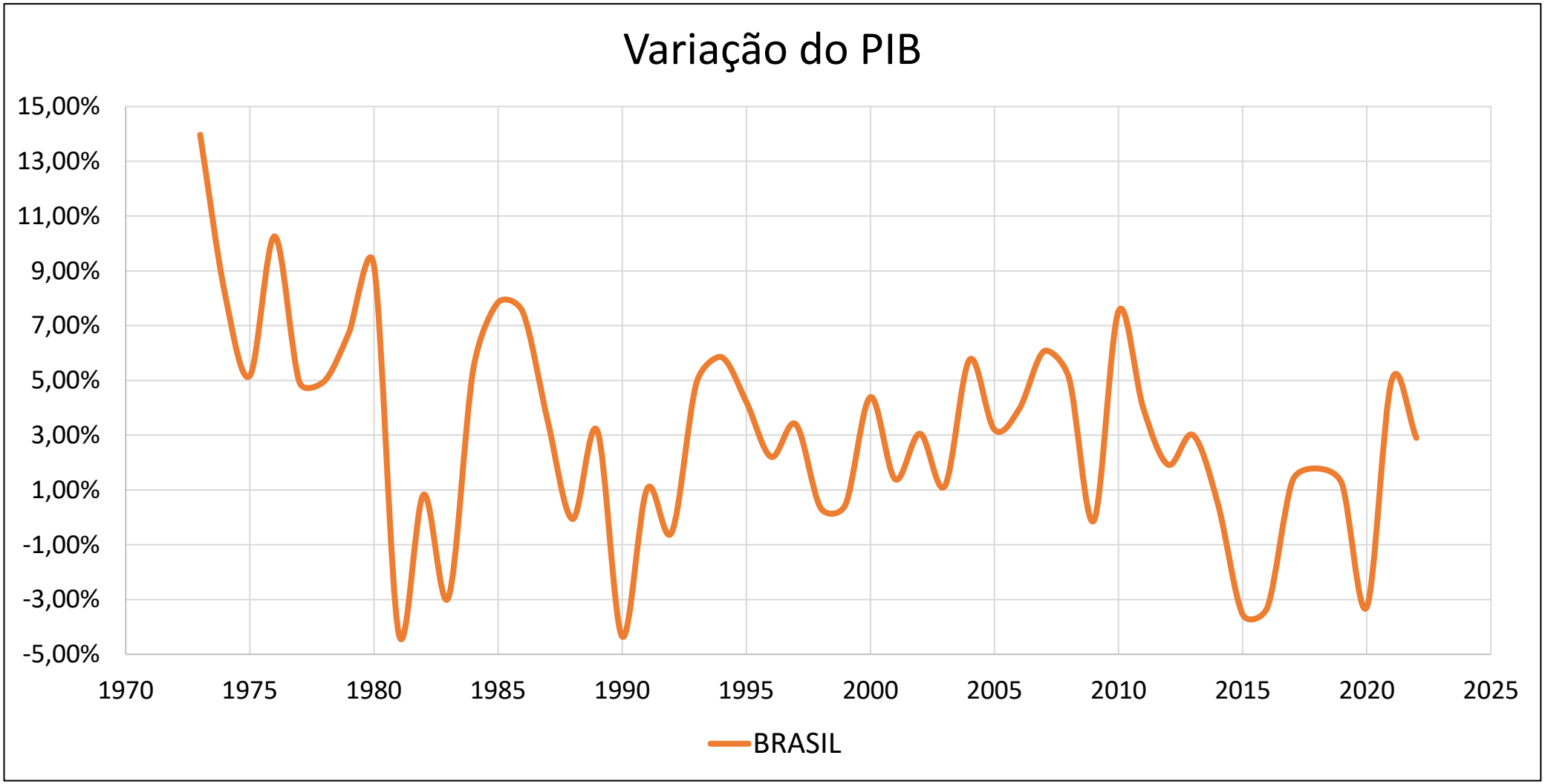
Produto Interno Bruto Futuro

Como é considerado o PIB em Estudos de Tráfego (2019)?



Comportamento do PIB

Como Foi o PIB Real nas últimas décadas?



Fonte: Banco Mundial: https://data.worldbank.org/

Produto Interno Bruto

"O capitalismo é intrinsecamente instável, sujeito a ciclos de prosperidade e recessão".

Joseph Schumpeter

"Existem longos ciclos de prosperidade e recessão na economia mundial".

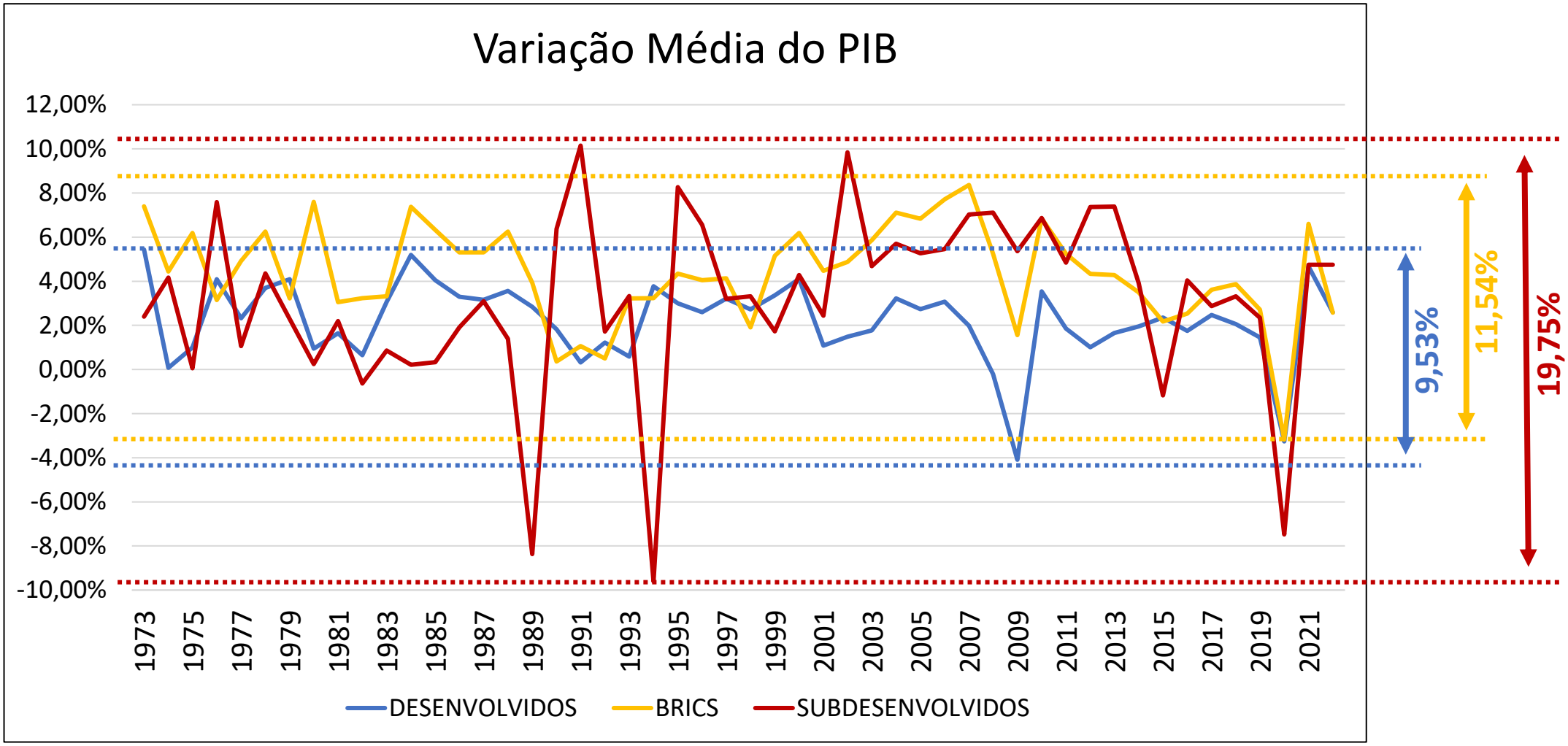
Nikolai Kondratieff

"Os agentes econômicos ajustam suas expectativas de forma racional, independentemente da política econômica"

Robert Lucas Jr

Variação PIB

Além dos PIB's serem cíclicos, a variação da amplitude muda a depender do nível de desenvolvimento do país. Países **subdesenvolvidos** tendem a ter uma oscilação maior ao longo dos anos.

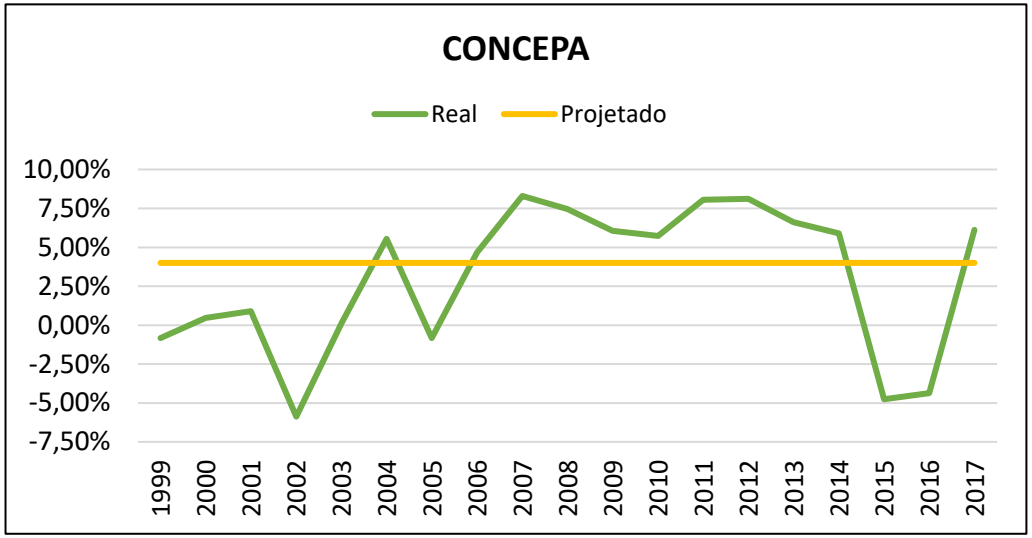


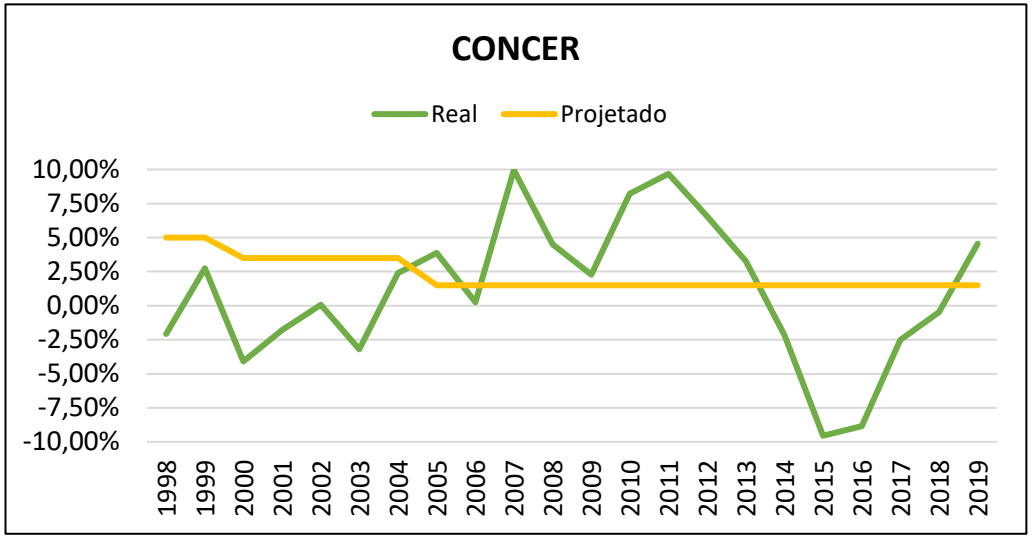
Fonte: The World Bank.

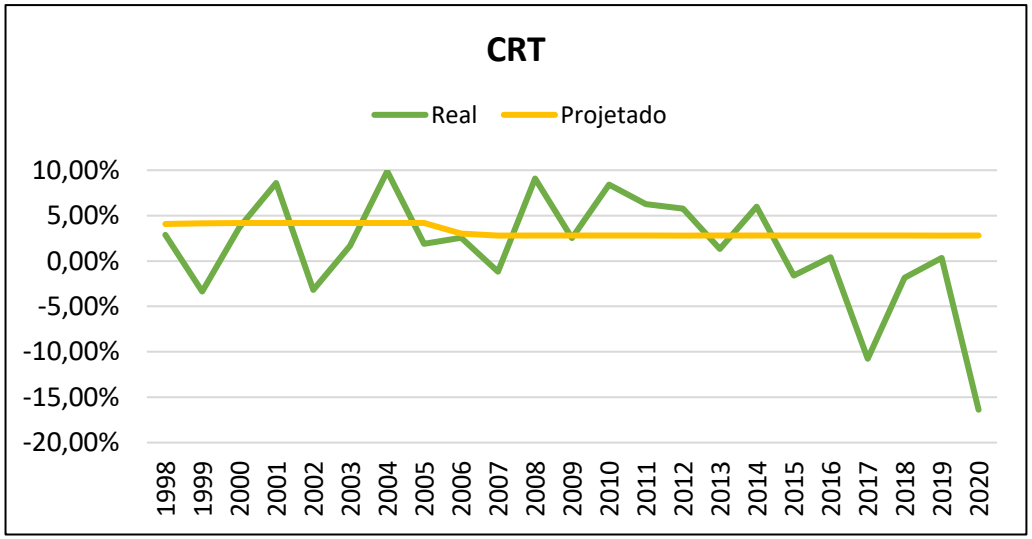
ESTUDOS DE TRÁFEGO: Passado

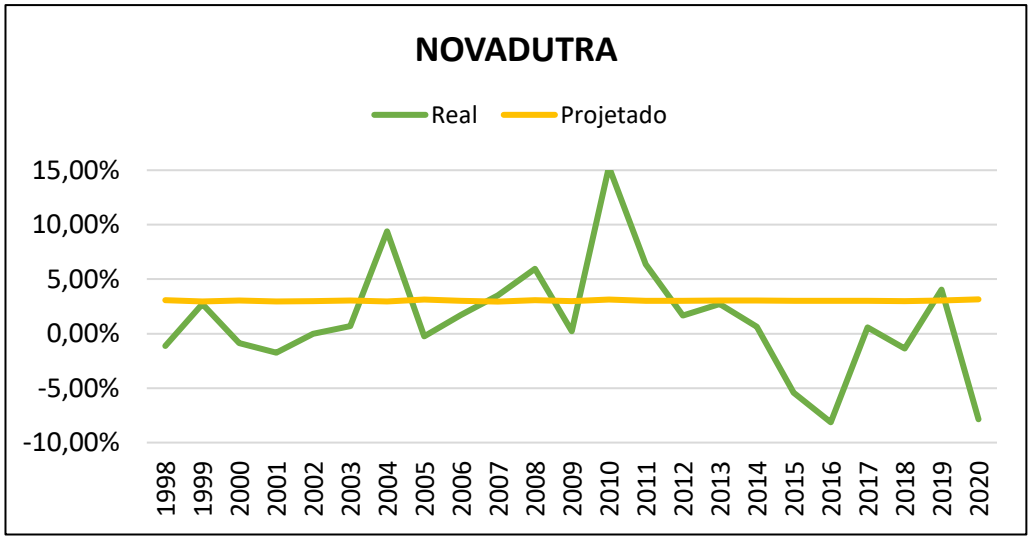
imtraff
ENGENHARIA E MOBILIDADE

Crescimento do Tráfego Real x projetado









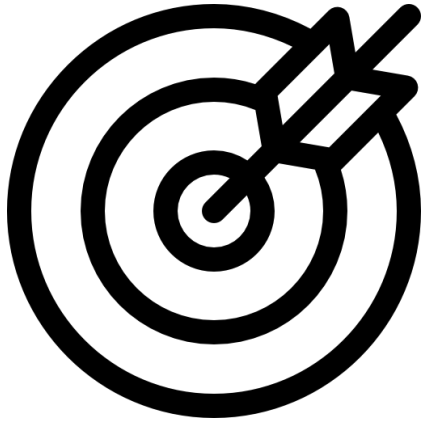
imtraff
ENGENHARIA E MOBILIDADE

“Será que conseguimos melhorar as estimativas de tráfego visto que o PIB é cíclico?"

Objetivo

Este é o objetivo deste estudo!

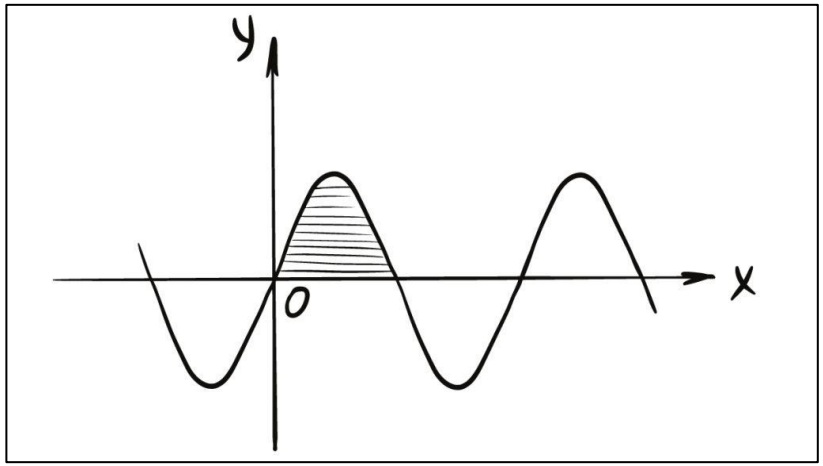
Avaliar se a consideração de um PIB cíclico contribui para melhorar as estimativas de tráfego futura.



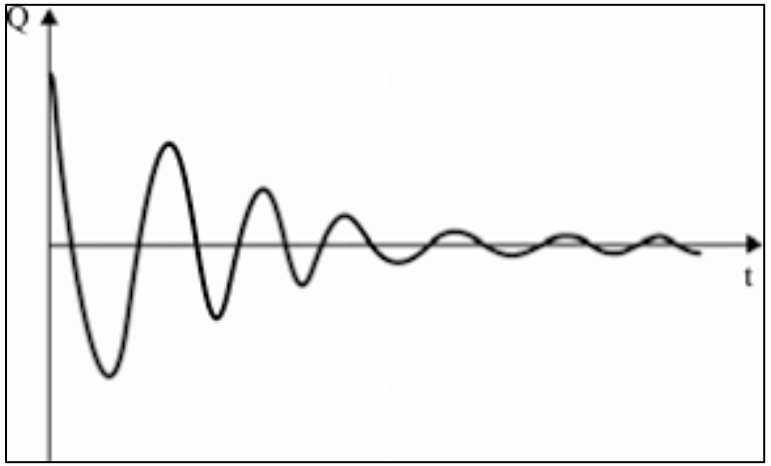
PIB Cíclico

Abordou-se inicialmente dois modelos cíclicos representar a variação do **PIB,** a partir da base de dados.

SENOIDAL



SUBAMORTECIDO



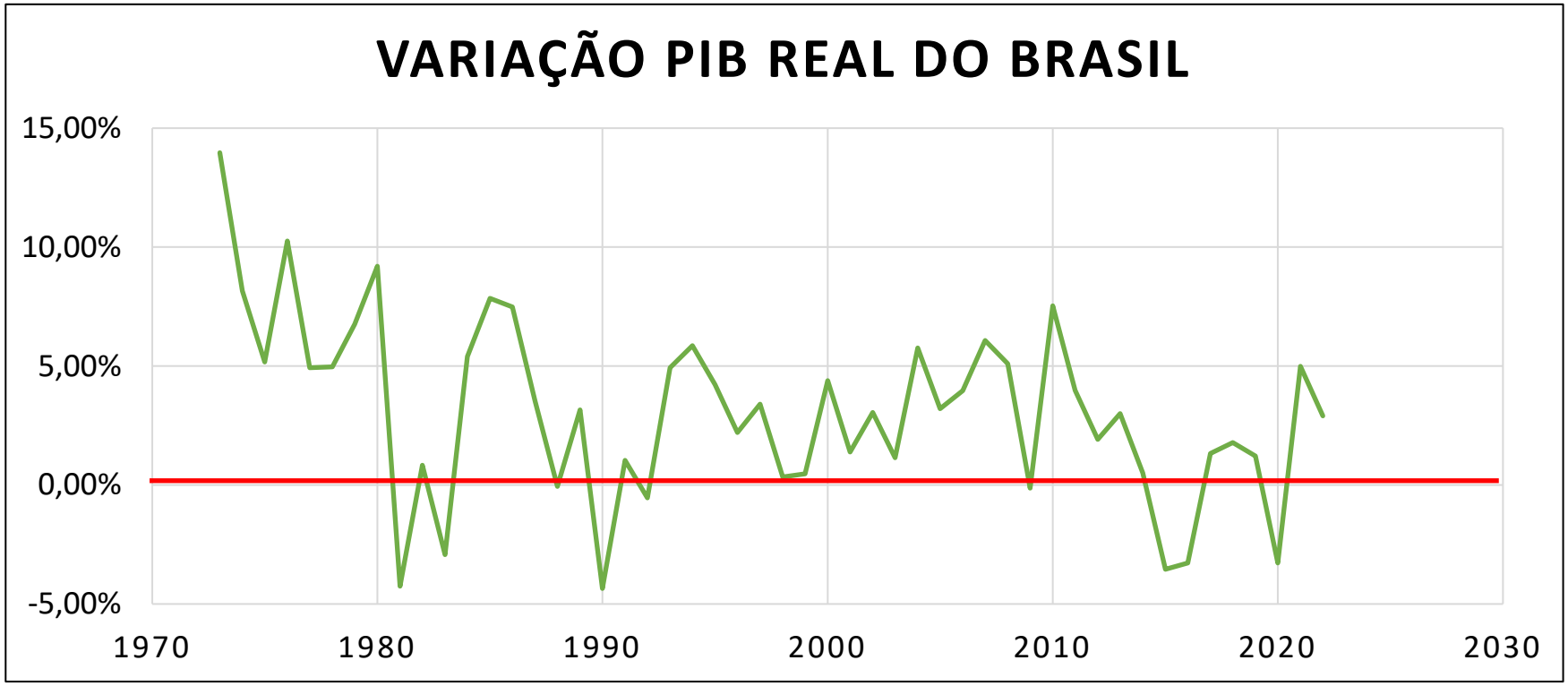
imtraff
ENGENHARIA E MOBILIDADE

Modelos Avaliados

ENGENHARIA E MOBILIDADE

Base de Dados

- Dados do PIB do Brasil, segundo o Banco Mundial;
- Variação do PIB de 1973 à 2022 (tb outros períodos);

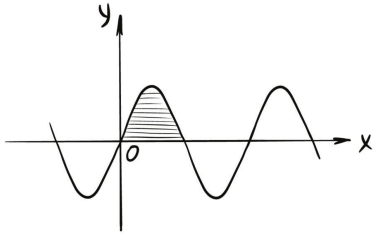


Resultados

Com a base de dados do PIB, inúmeras tentativas, chegou-se a um modelo para cada função testada:

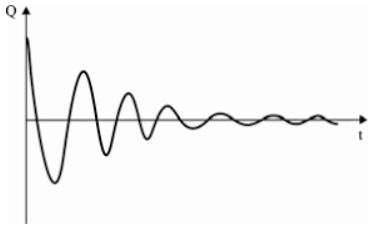
Senoidal:

$$Variação\ PIB = ((A * \sin((\alpha * B) + C)) + D)$$



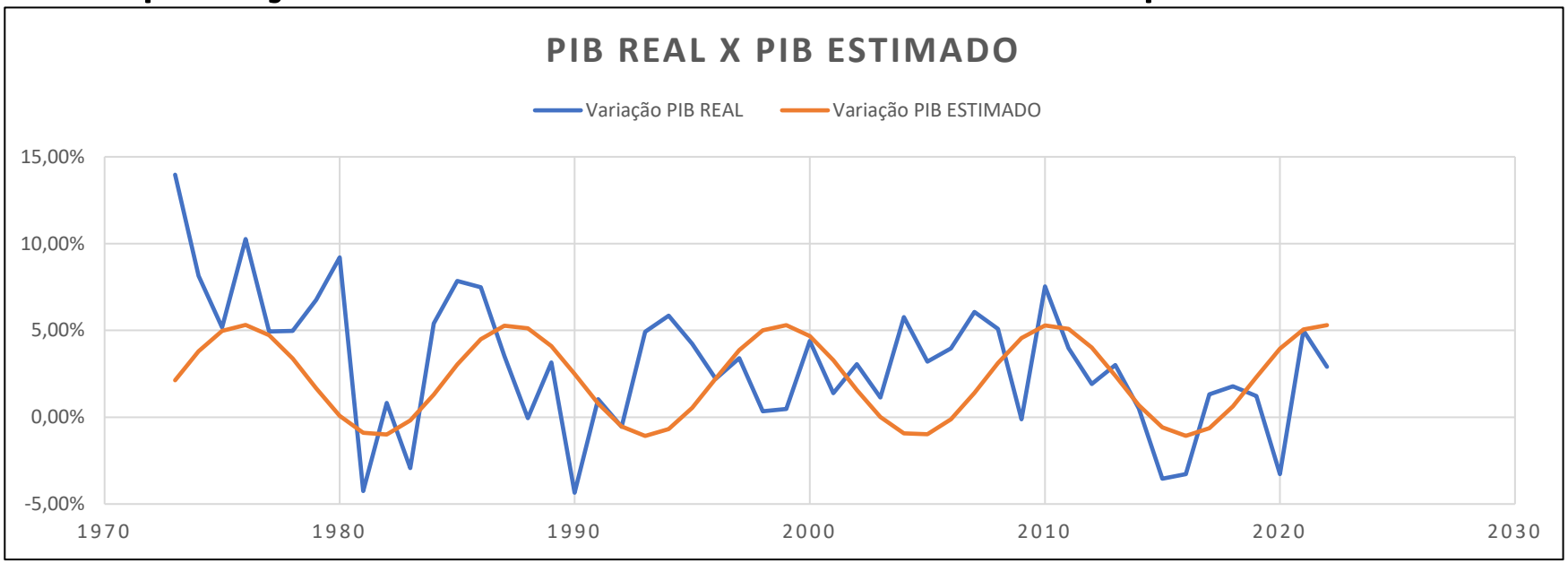
Subamortecido

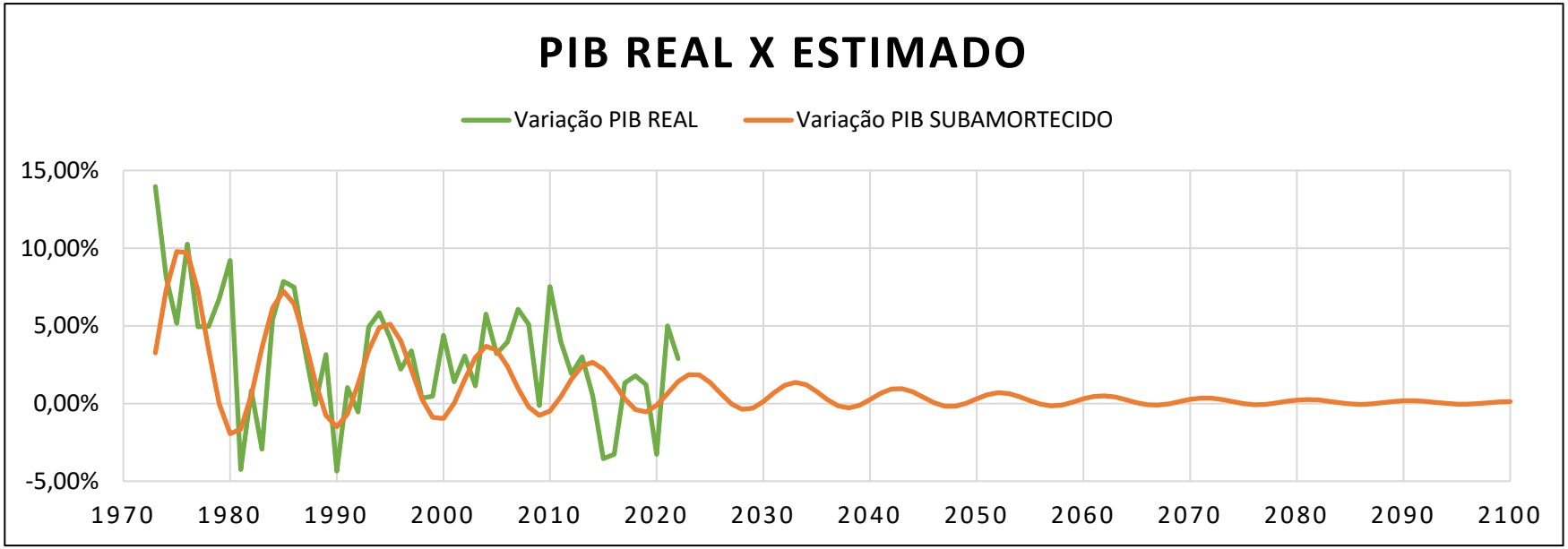
$$Variação\ PIB = ((A * \sin((\alpha * B) + C)) + D) * (e^{-E*\alpha})$$



Modelos

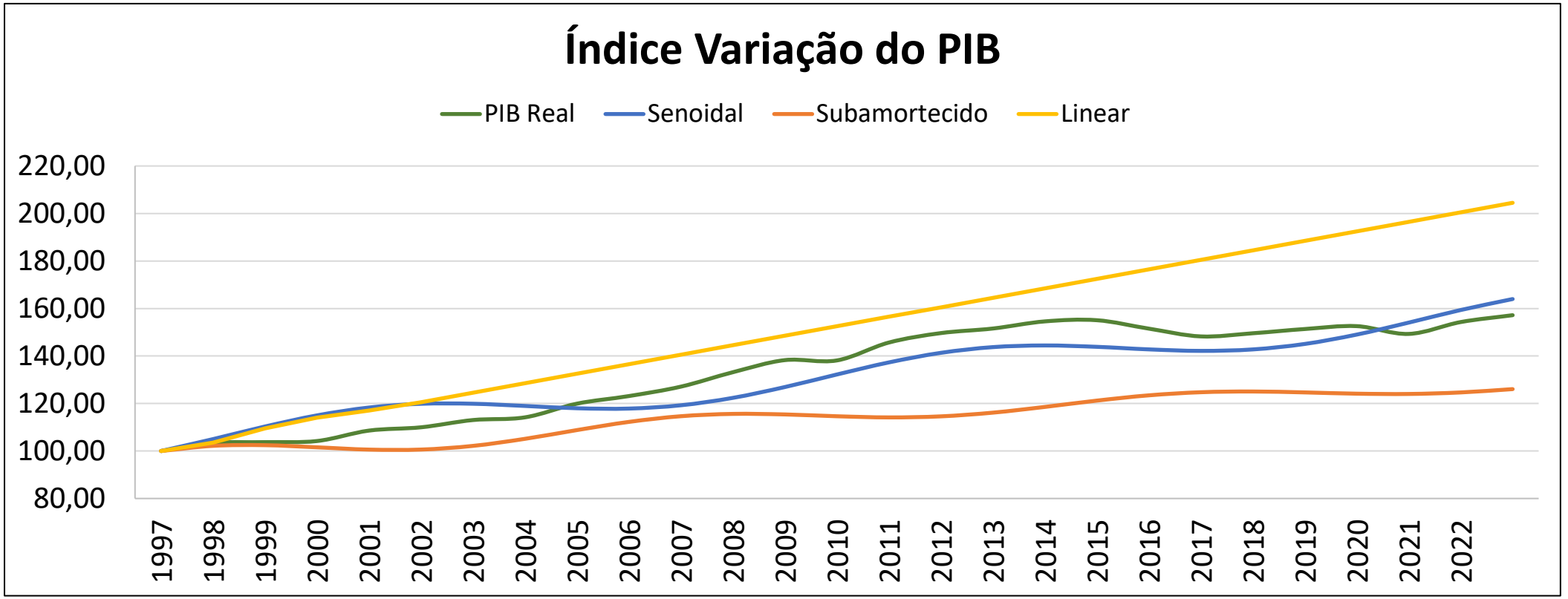
Comparação do PIB Real com o estimado pelos modelos.





Estatísticas

Teste/Aplicação: Foi adotado um parâmetro inicial de 100 e aplicou-se as taxas (PIB Anual) reais e dos modelos:



Diferença percentual em relação ao PIB Real		
Senoidal	**Subamortecido**	**Linear**
4,32%	-19,80%	30,10%

Estatísticas

Os erros do modelo senoidal foram menores que a aplicação linear, bem como o modelo subamortecido, comparados ao PIB Real.

Estatísticas a partir de 1996 (p.p)			
Teste	**Senoidal**	**Subamortecido**	**Linear**
Erro médio	2,45	2,53	2,66
RMSE	3,16	3,22	3,30

Neste estudo, optou-se por não continuar com o modelo subamortecido, o que não impede de se continuar as análises em outro momento.

imtraff
ENGENHARIA E MOBILIDADE

E se estes modelos fossem utilizados para estimar o tráfego futuro em concessões?

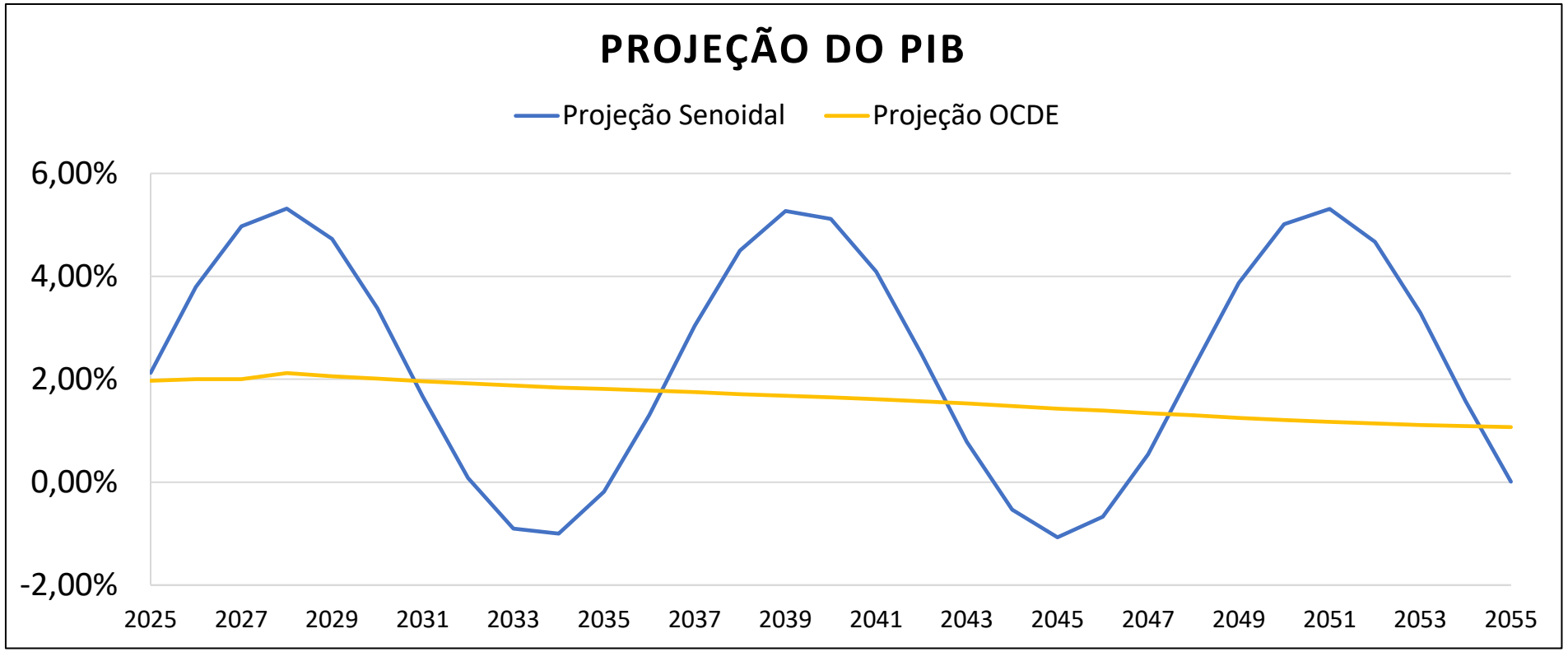
ENGENHARIA E MOBILIDADE

Aplicando o Modelo

Senoidal:

$$Variação\ PIB = ((A * \sin((\alpha * B) + C)) + D)$$

Senoide iniciando:
Crista: C= 1,023
Meio Decrescente: C= 2,593
Meio Crescente: C= 5,736
Vale: C= 4,164



Modelo Senoidal Atual: Amplitude média de 6,3%, e variação de +5,32 até -1,07 com ciclos (períodos) de 12 anos.

Base de Dados: Volumes de Tráfego das Concessões

"**O viés do otimismo em concessões rodoviárias: evidências, causas e soluções**", do autor Fábio Augusto de Amorim.

Os dados de tráfego estimados pelo poder público foram obtidos a partir de cada um dos estudos de viabilidade que fundamentaram a licitação.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

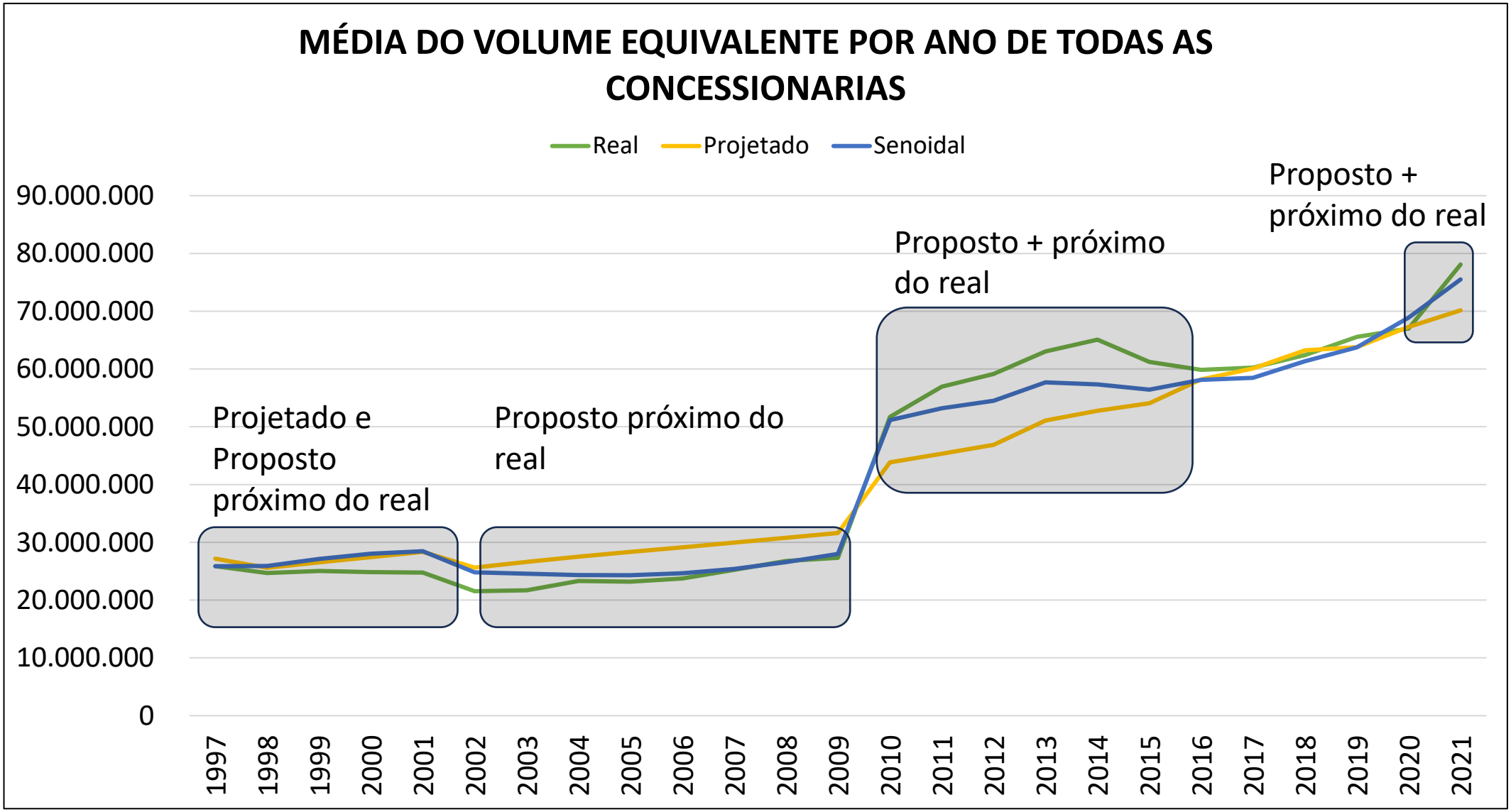
DE AMORIM, Fábio Augusto. **O viés do otimismo em concessões rodoviárias**: evidências, causas e soluções. 2023. Monografia (Especialização em Controle da Desestatização e da Regulação) – Instituto Serzedello Corrêa, Escola Superior do Tribunal de Contas da União, Brasília DF.

Base de Dados

Aplicou-se os modelos propostos para as seguintes concessões:

1. CONCEPA
2. CONCER
3. CRT
4. ECOSUL
5. NOVADUTRA
6. FERNÃO DIAS
7. FLUMINENSE
8. LITORAL SUL
9. PLANALTO SUL
10. REGIS BITTENCOURT
11. RODOVIA DO AÇO
12. TRANSBRASILIANA
13. VIA BAHIA
14. CONCEBRA
15. CRO
16. ECO050
17. ECO101
18. ECOPONTE
19. MSVIA
20. VIA 040

Resultados: Gerais



Resultados: Volume Equivalente Total

imtraff
ENGENHARIA E MOBILIDADE

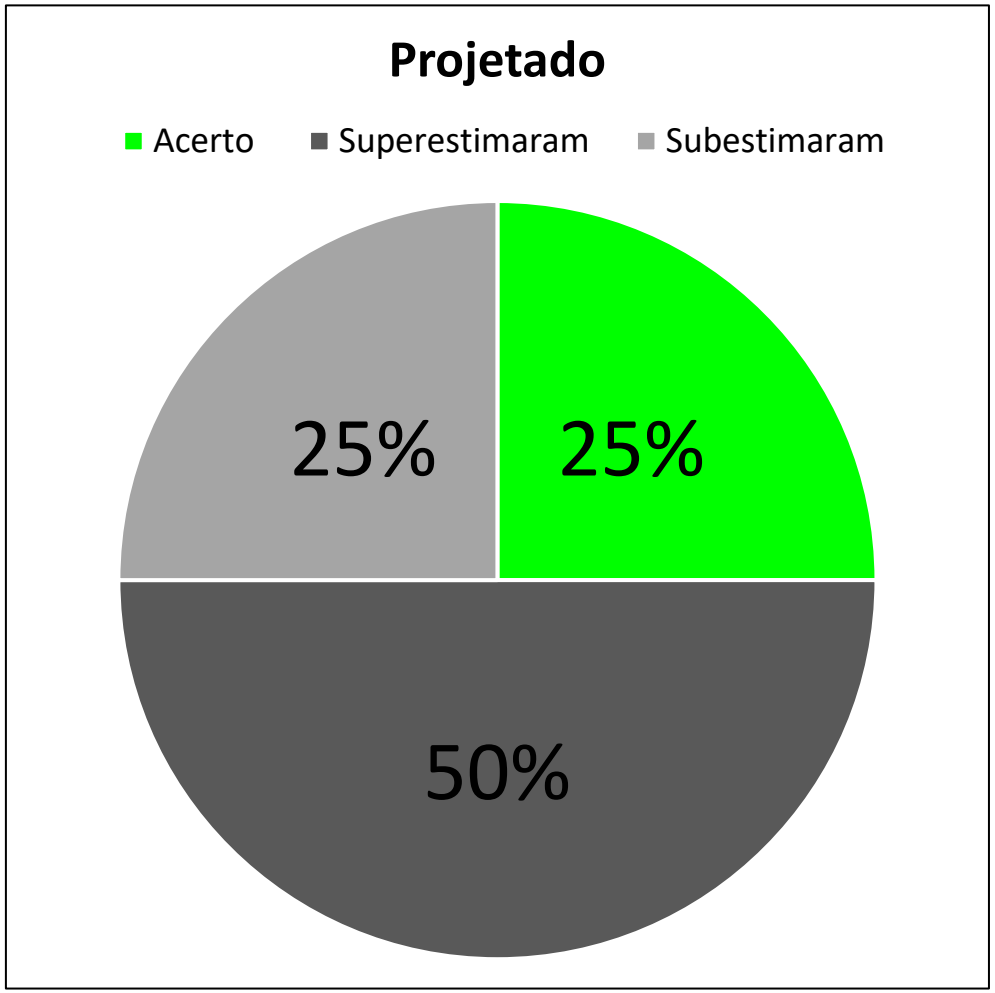
Concessão	VOLUME TOTAL EQUIVALENTE ACUMULADO		
	Real	Projetado	Senoidal
CONCEPA	577.668.894	571.642.882	559.173.888
CONCER	526.743.133	660.488.604	592.206.086
CRT	319.398.046	312.341.469	301.808.844
ECOSUL	361.336.629	281.349.607	240.603.785
NOVADUTRA	1.430.141.286	1.798.552.287	1.499.630.896
AUTOPISTA FERNÃO DIAS	1.920.699.298	1.268.298.350	1.551.030.317
AUTOPISTA FLUMINENSE	531.944.295	539.309.583	543.467.595
AUTOPISTA LITORAL SUL	1.540.494.270	1.096.096.460	1.404.901.728
AUTOPISTA PLANALTO SUL	337.738.067	341.034.830	337.927.080
AUTOPISTA REGIS BITTENCOURT	1.722.521.379	1.450.367.833	1.729.060.632
RODOVIA DO AÇO	202.641.976	267.259.935	221.808.480
TRANSBRASILIANA	294.398.308	336.637.675	291.059.493
VIA BAHIA	821.634.888	865.036.009	844.434.779
CONCEBRA	548.365.822	618.705.426	573.992.365
CRO	615.637.530	476.891.595	619.603.273
ECO050	278.193.500	272.043.321	273.618.020
ECO101	356.254.030	383.885.779	388.014.740
ECOPONTE	173.455.133	193.576.872	185.398.040
MSVIA	293.384.228	341.257.639	320.690.261
VIA 040	445.622.566	480.930.023	445.316.892

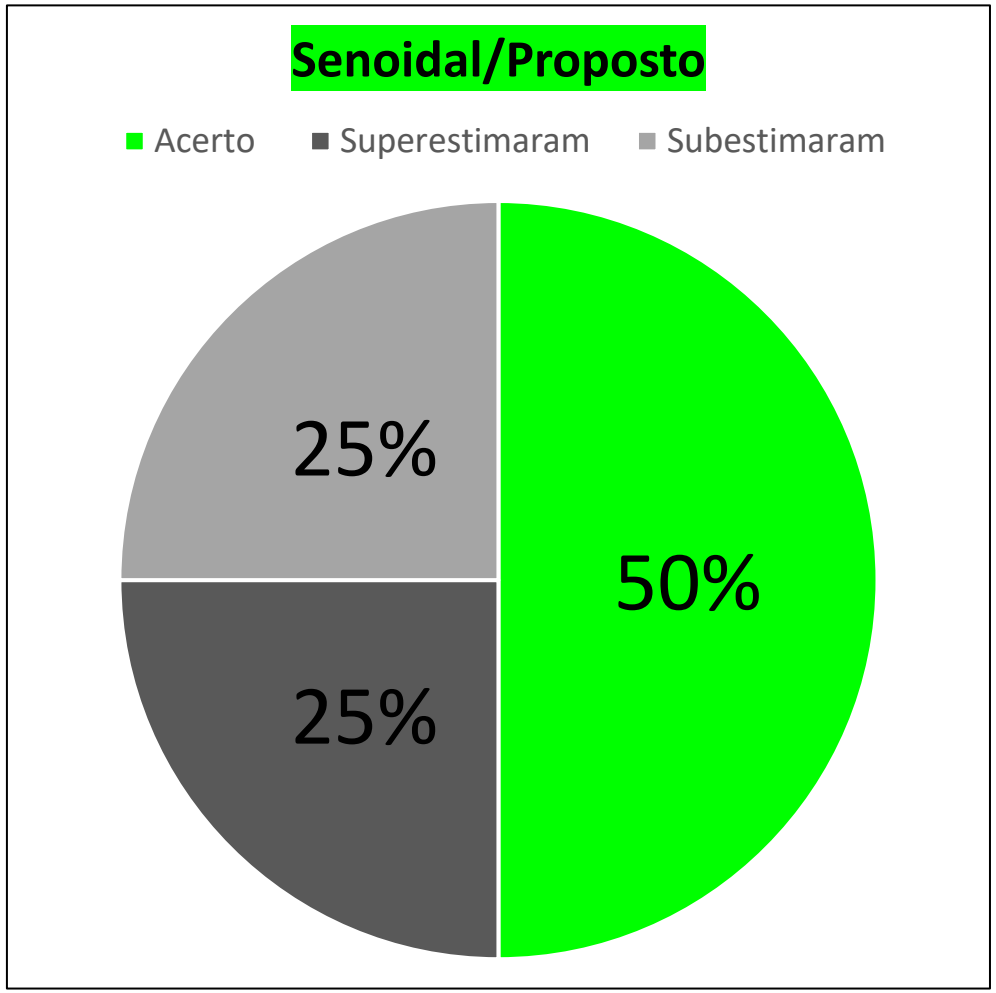
Volume acumulado de cada concessão.

Margem de erro para + ou -
Até 5% - Acerto
De 5 a 10%
De 10 a 20%
De 20 a 30%
>30%

Resultados Volume Equivalente

- O modelo projetado acertou (+/- 5%) em 25% dos estudos e superestima a metade deles;
- O modelo senoidal/proposto acertou (+/- 5%) em 50% dos casos e superestima em apenas 25%.





Resultados Volume Equivalente

Margem de erro para + ou -	Quantidade de Concessões	
	Projetado	Senoidal
Até 5% - Acerto	5	10
De 5 a 10%	3	7
De 10 a 20%	5	2
De 20 a 30%	5	0
>30%	2	1

Margem de erro Acumulada	Quantidade de Concessões	
	Projetado	Senoidal
Até 5% - Acerto	5	10
Até 10%	8	17
Até 20%	13	19
Até 30%	18	19
>30%	20	20

O modelo proposto tem erro menor que 10% para 85% das concessões

O modelo linear apenas para 65% das concessões

Resultados Volume Equivalente

- Redução de cerca de 50% no erro total das estimativas.

Volume Total Equivalente Acumulado de todas as Concessões		
Real	Projetado	Senoidal
13.264.075.230	12.513.569.538	12.877.318.603
Variação	**-750.505.693**	**-386.756.627**
Variação (%)	**-5,66%**	**-2,92%**

	Variação Final do Volume Acumulada	
	Projetado	**Senoidal**
Superestima	868.026.784	295.772.461
Subestima*	-1.618.532.477	-682.529.088
Amplitude	2.486.559.261	978.301.550

- A amplitude é a diferença entre os valores subestimados e superestimados;
- Obteve-se uma redução de cerca 60% na amplitude com o modelo senoidal/proposto.

E a receita?

Resultados Receita Acumulada

imtraff
ENGENHARIA E MOBILIDADE

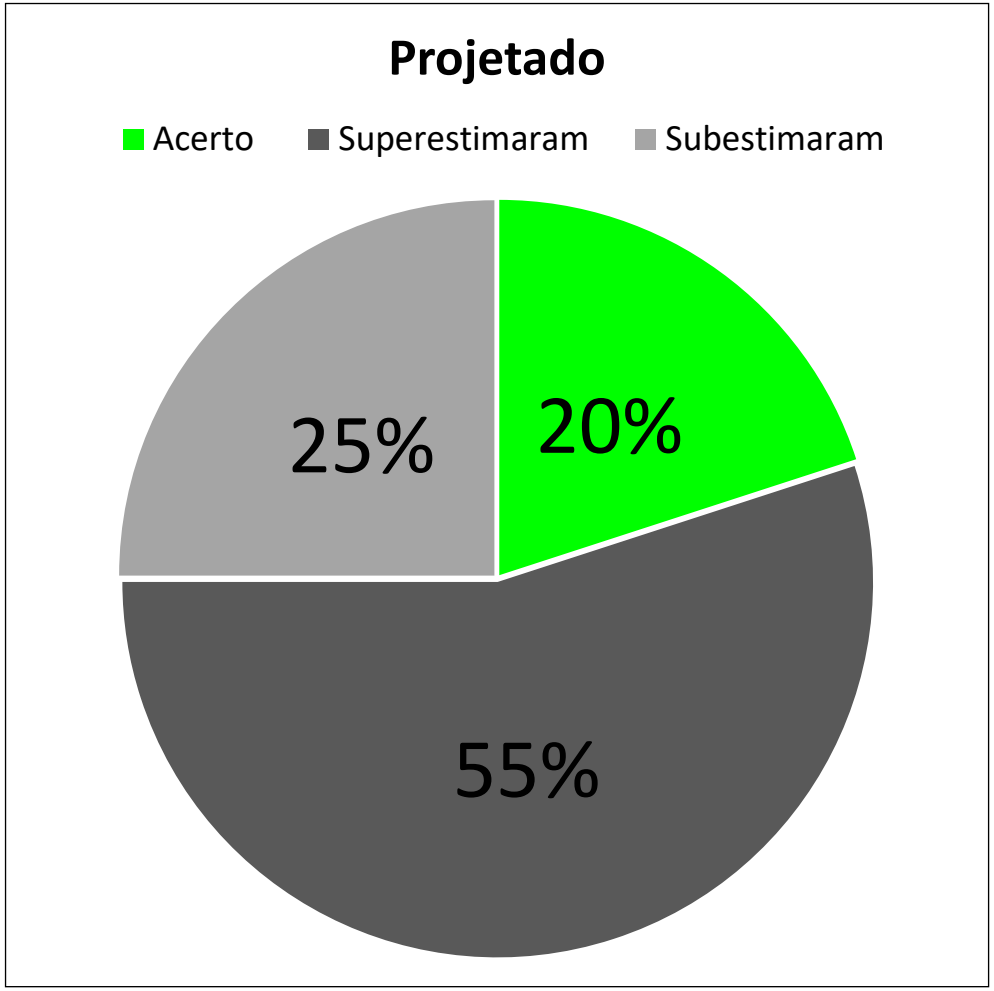
Receita acumulada de cada concessão.

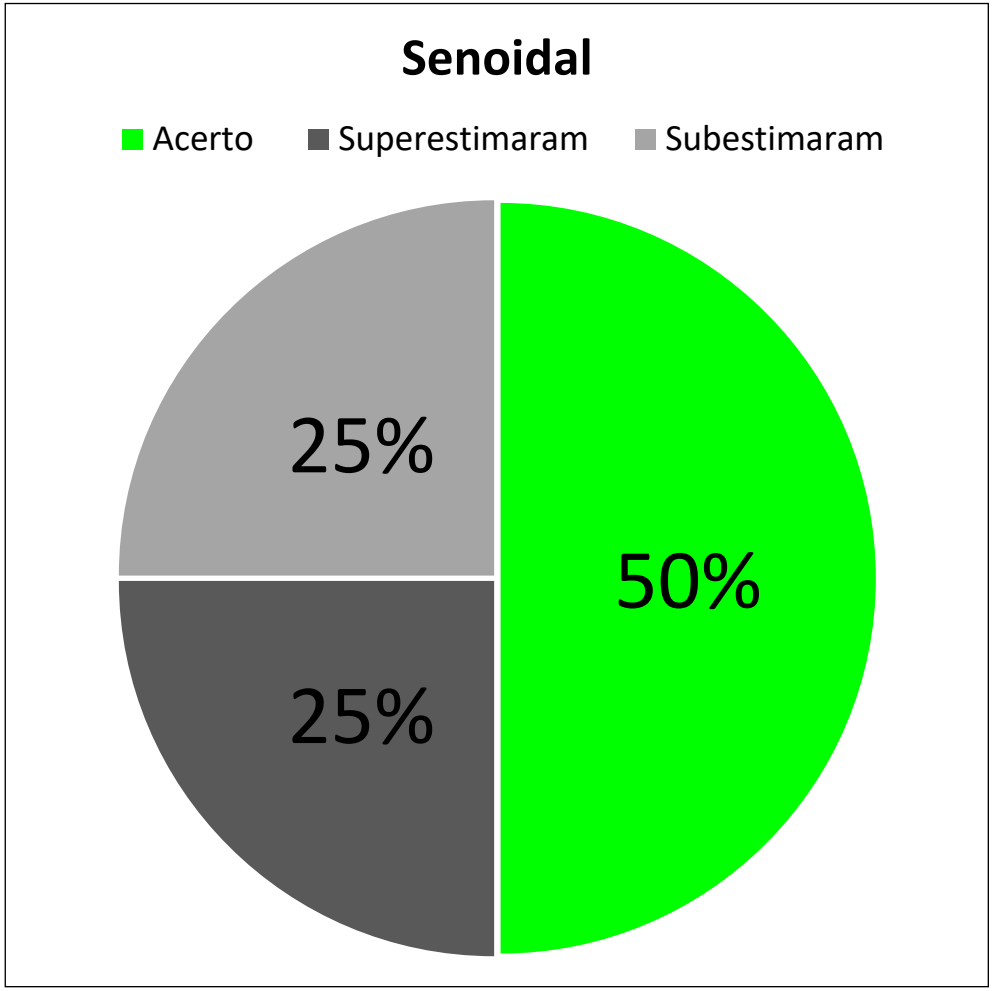
Concessão	RECEITA TOTAL ACUMULADA		
	Real	Projetado	Senoidal
CONCEPA	R$ 2.688.244.590,94	R$ 2.562.823.250,26	R$ 2.413.166.758,15
CONCER	R$ 3.759.012.277,83	R$ 4.759.520.193,76	R$ 4.246.751.421,76
CRT	R$ 3.522.863.324,98	R$ 3.633.901.368,67	R$ 3.247.709.366,60
ECOSUL	R$ 3.183.219.445,23	R$ 2.343.083.148,12	R$ 2.010.193.659,73
NOVADUTRA	R$ 7.507.750.505,83	R$ 9.755.653.813,99	R$ 7.851.953.593,19
AUTOPISTA FERNÃO DIAS	R$ 3.973.713.942,29	R$ 2.662.479.706,75	R$ 3.186.660.078,38
AUTOPISTA FLUMINENSE	R$ 2.122.211.638,97	R$ 2.244.854.335,25	R$ 2.219.871.604,47
AUTOPISTA LITORAL SUL	R$ 3.538.811.030,86	R$ 2.545.265.249,25	R$ 3.206.213.000,30
AUTOPISTA PLANALTO SUL	R$ 1.595.794.031,60	R$ 1.642.244.317,50	R$ 1.598.020.402,46
AUTOPISTA REGIS BITTENCOURT	R$ 4.219.708.849,05	R$ 3.631.469.552,25	R$ 4.245.194.945,74
RODOVIA DO AÇO	R$ 1.092.355.738,33	R$ 1.470.492.801,00	R$ 1.201.506.467,60
TRANSBRASILIANA	R$ 1.195.592.055,66	R$ 1.404.540.932,75	R$ 1.195.279.431,07
VIA BAHIA	R$ 2.665.504.664,35	R$ 2.843.677.326,82	R$ 2.753.065.795,83
CONCEBRA	R$ 2.162.313.025,37	R$ 2.448.123.783,02	R$ 2.251.855.984,27
CRO	R$ 2.860.785.724,09	R$ 2.212.659.121,41	R$ 2.879.865.991,63
ECO050	R$ 1.449.753.909,16	R$ 1.419.365.773,64	R$ 1.426.129.954,77
ECO101	R$ 1.424.480.197,57	R$ 1.536.212.886,48	R$ 1.551.332.097,03
ECOPONTE	R$ 740.318.428,33	R$ 825.448.287,61	R$ 792.984.885,33
MSVIA	R$ 1.888.925.412,04	R$ 2.198.173.614,52	R$ 2.066.949.796,02
VIA 040	R$ 2.256.728.266,33	R$ 2.433.830.493,75	R$ 2.254.534.123,88

Margem de erro para + ou -
Até 5% - Acerto
De 5 a 10%
De 10 a 20%
De 20 a 30%
>30%

Resultados Receita Acumulada

- O modelo projetado acerta em somente 20% dos estudos e superestima a mais da metade deles;
- O modelo senoidal/proposto acerta em 50% dos casos e superestima em apenas 25%.





Resultados Receita Acumulada

Margem de erro para + ou -	Quantidade de Concessões	
	Projetado	Senoidal
Até 5% - Acerto	4	10
De 5 a 10%	4	6
De 10 a 20%	5	3
De 20 a 30%	5	0
>30%	2	1

- O novo modelo tem erros menores que 10% para 80% das concessões analisadas.
- O modelo linear tem erros menores que 10% para apenas 40% das concessões analisadas.

Resultados Receita Acumulada

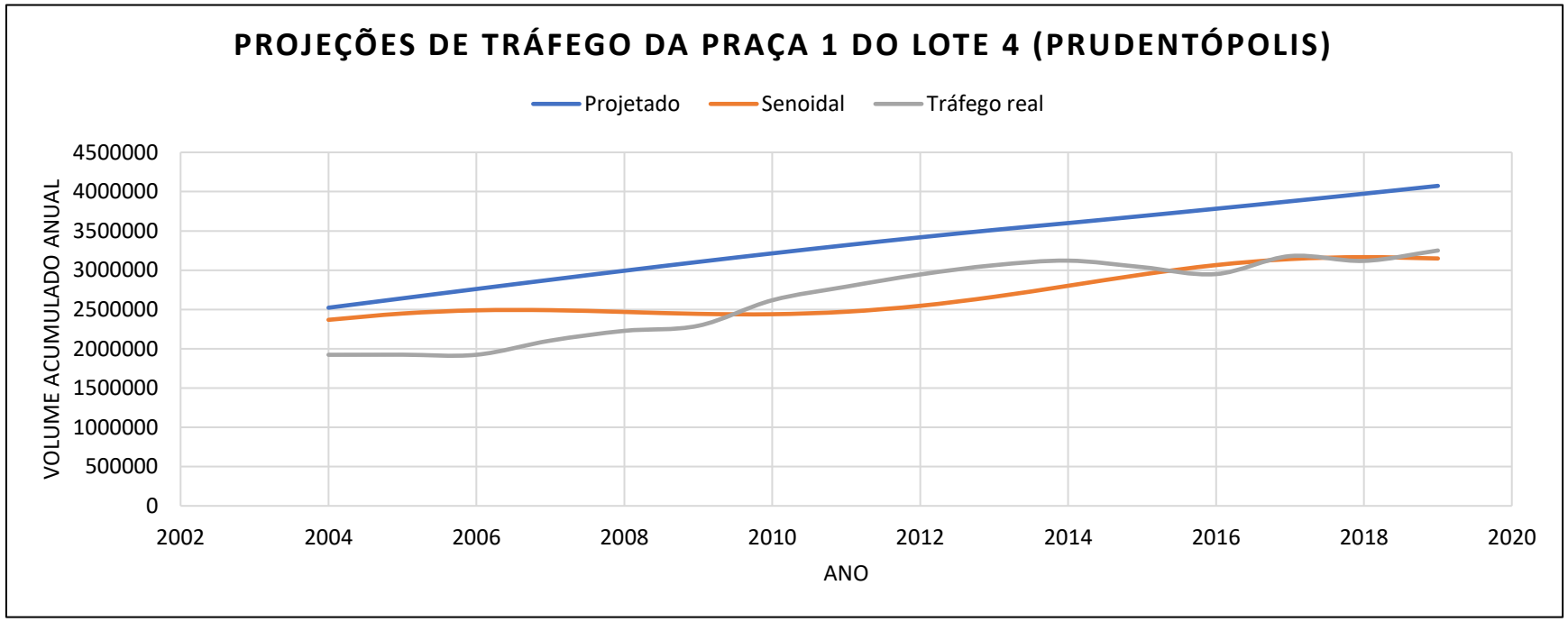
	Variação Final da Receita Acumulada (R$)	
	Projetado	**Senoidal**
Déficit	-R$ 5.262.824.587,91	-R$ 1.620.192.491,95
Superavit	R$ 4.537.091.689,93	R$ 2.869.040.192,54
Amplitude	R$ 9.799.916.277,84	R$ 4.489.232.684,49

- Obteve-se uma redução de mais 50% na amplitude com o modelo senoidal/proposto.

Validação: Dados não utilizados no Modelo

Rodovias do Paraná

Aplicou-se também o modelo para o histórico da Praça 1 do Lote 4 das concessões do Paraná, chegando a no **máximo 1,47%** de variação no volume total acumulado. Em comparação, o modelo projetado pelas concessionárias chegou a **25,64%** de variação no volume total acumulado.



Volume acumulado		
Real	Senoidal	Projetado
42.472.177	43.097.603	53.362.365
Diferença	**1,47%**	**25,64%**

imtraff
ENGENHARIA E MOBILIDADE

E as Novas Concessões no Paraná?

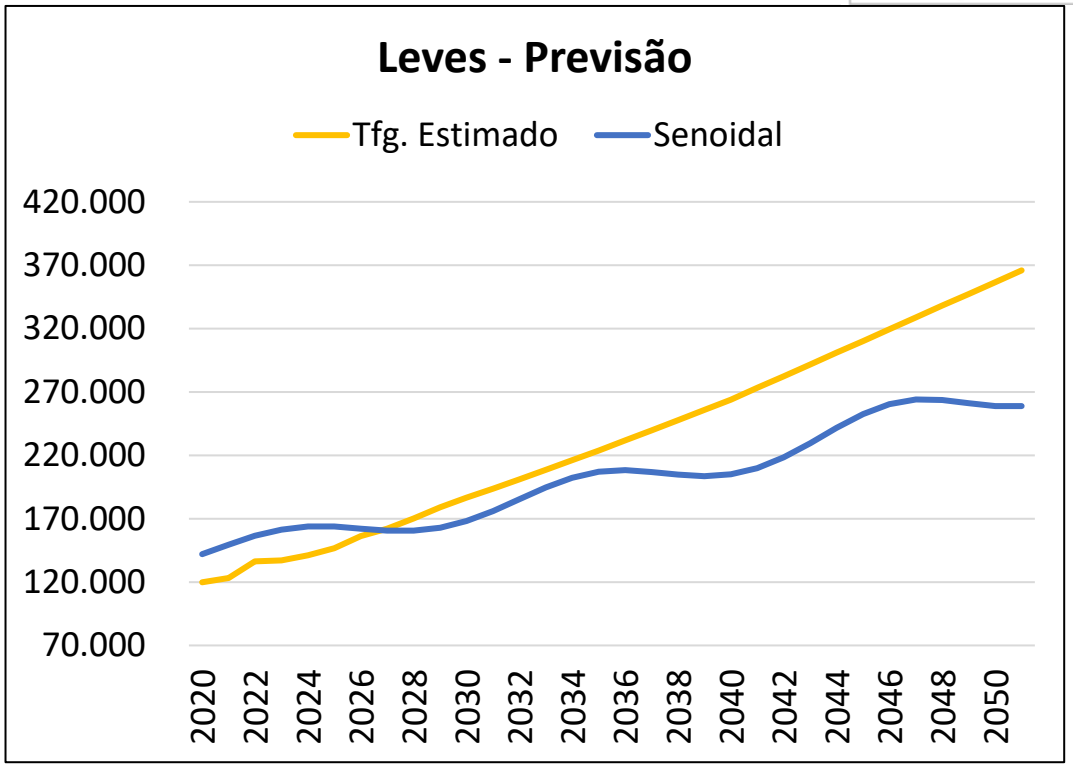
ENGENHARIA E MOBILIDADE

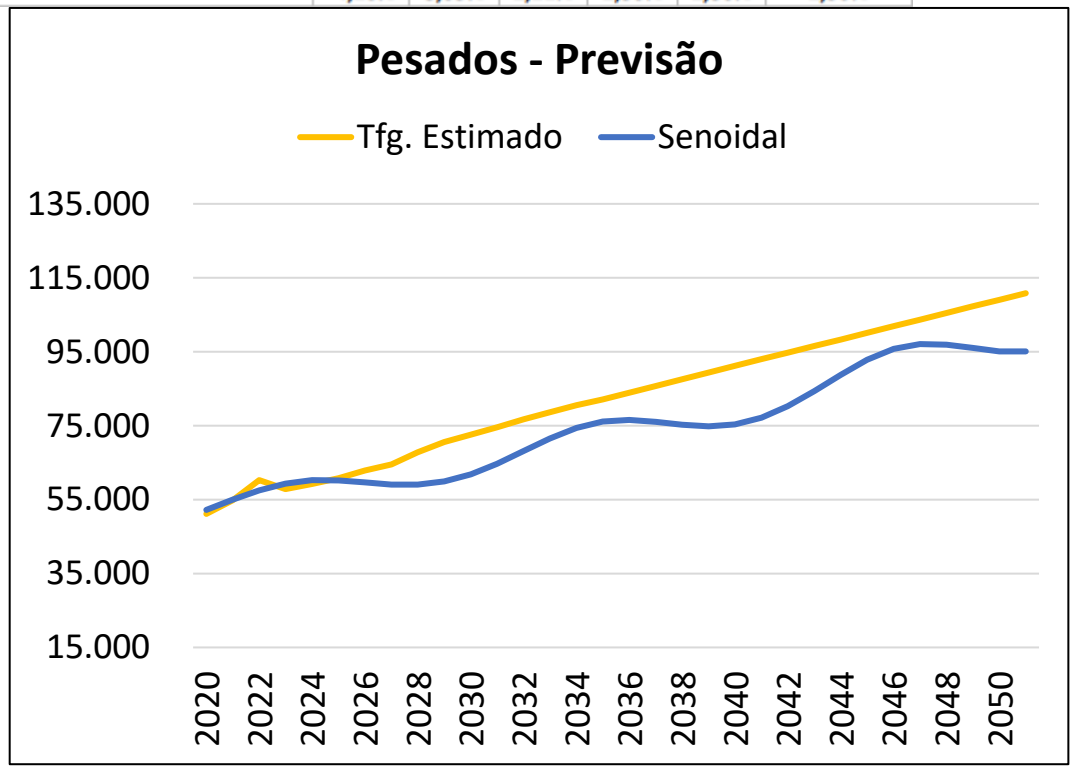
Rodovias do Paraná

Lotes 4, 5 e 6: Estimativa tradicional está até 15% maior que pelo modelo proposto/senoidal.

Tabela 96 – Projeção PIB Brasil

FONTE	2020	2021	2022	2023	2024	2025 - 2051
BANCO CENTRAL DO BRASIL (25/06/2021)	-4,10%	5,05%	2,11%	2,50%	2,50%	-
TAXA ADOTADA	**-4,10%**	**5,05%**	**2,11%**	**2,50%**	**2,50%**	**2,50%**





Leves	
Estimado	Senoidal
7.455.428	6.463.978
Diferença	**15,34%**

Pesados	
Estimado	Senoidal
2.633.600	2.375.982
Diferença	**10,84%**

Conclusões e Próximos Passos...

Conclusões e Próximos Passos

- Continuar o processo de testes e calibrações;
- Testar + o subamortecido, bem como períodos menores no senoidal;
- Recalibrar com dados a partir de 1980 e/ou 90 (menor amplitude);
- Aprofundar em validações estatísticas;
- Trabalhar com a elasticidade particular de cada concessão;
- Trabalhar com a segregação de veículos leves e pesados;
- Compreender situações específicas distantes: Ecosul e Autopista Fernão Dias (e avaliar se fica ou não no modelo);
- Aplicação do modelos para todas as concessões vigentes;
- Avaliar considerar a metodologia para novos estudos.

10º CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL (PLURIS 2024)
Cidades e Territórios em Transição
Guimarães - Portugal 16, 17 e 18 de outubro de 2024

INCORPORANDO A CICLICIDADE DO PIB NA PROJEÇÃO DE TRÁFEGO: UMA ABORDAGEM INOVADORA PARA CONCESSÕES RODOVIÁRIAS

F. Rodrigues, O. B. B. Mendes, J. M. S. Lima, V. H. Uehara e I. J. A. C. Souza

Reflexão Final...

Agradecimentos

Externos à ImTraff:

- Prof. Elievam Bessa Jr. (UFMG)
- Fábio Augusto de Amorim (TCU)
- Luciano Medrado (SETCEMG)

Equipe ImTraff:

- Olga Mendes
- Cristiano Carneiro Resende
- Igor Souza
- João Marcelo S. de Lima
- Vivian Alves
- Matheus Ribeiro
- Victor Uehara

Obrigado!

www.imtraff.com.br

contato@imtraff.com.br
+553125168001

imtraff
ENGENHARIA E MOBILIDADE