



Contratação de serviços necessários à realização de estudos para a outorga de concessão dos serviços públicos de transporte ferroviário de passageiros na Região Metropolitana de Porto Alegre/RS, operado pela Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre S.A. - Trensurb, e nas Regiões Metropolitanas de Belo Horizonte/MG, Maceió/AL, Recife/PE, João Pessoa/PB e Natal/RN, operados pela Companhia Brasileira de Trens Urbanos - CBTU.

**- Estudo de Outorga de Concessão do Transporte Ferroviário -
CBTU - STU Belo Horizonte/MG**

RT07 – ESTUDO DE CUSTOS- BENEFÍCIOS

Versão Final

São Paulo, 28 de outubro de 2021

Consórcio:



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	4
SUMÁRIO EXECUTIVO.....	5
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. METODOLOGIA.....	7
2.1. INDICADORES DE BENEFÍCIOS SOCIAIS	8
2.1.1. Valor Social Presente Líquido (VSPL).....	8
2.1.2. Taxa de Retorno Econômica (TRE).....	9
2.1.3. Índice B/C	9
2.2. TAXA SOCIAL DE DESCONTO (TSD).....	9
2.2.1. Cálculo da TSD	10
2.3. OUTROS ASPECTOS METODOLÓGICOS	12
3. PREMISSAS GERAIS	13
3.1. Premissa Temporal.....	13
3.2. Correções Fiscais	13
3.3. Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento de Infraestrutura (REIDI).....	13
4. CÁLCULO DE BENEFÍCIOS SOCIAIS	15
4.1. BENEFÍCIOS QUANTITATIVOS.....	16
4.1.1. Redução do tempo de jornada dos passageiros	16
4.1.2. Redução de poluentes atmosféricos.....	23
4.1.3. Redução de emissão de gases efeito estufa.....	31
4.1.4. Redução de acidentes de trânsito.....	36
4.1.5. Redução com gastos de combustíveis.....	41
4.2. BENEFÍCIOS QUALITATIVOS.....	45
4.2.1. Redução de poluição sonora	45
4.2.2. Universalização da acessibilidade às instalações e equipamentos do sistema de transportes	46
4.2.3. Maximização do grau de inserção urbana do sistema de transporte	47
4.2.4. Aumento da população atendida pelo sistema de transporte	47
4.2.5. Migração do transporte individual motorizado para o sistema de transporte público coletivo	48
4.2.6. Redução dos congestionamentos	48
4.2.7. Redução dos gastos com operação e manutenção do sistema viário	48
5. CÁLCULO DE OPEX E CAPEX.....	50
5.1. OPEX.....	50
5.1.1. Metodologia e organização geral.....	50

5.1.2.	OPEX Total	66
5.2.	CAPEX	68
5.2.1.	Valor Residual	70
6.	ANÁLISE DE RESULTADOS	73
6.1.	Dados detalhados do fluxo de caixa	77
6.2.	ANÁLISES DE SENSIBILIDADES	80
7.	GESTÃO E INDICADORES SOB RESPONSABILIDADE DO CONCESSIONÁRIO	82
8.	OUTRA ÓTICA DE AVALIAÇÃO DO BENEFÍCIO DA CONCESSÃO	83
9.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
10.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	86

São Paulo, 28 de outubro de 2021.

Ao

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES

Av. República do Chile, nº 100, Rio de Janeiro-RJ

A/C

Anie Gracie Noda Amicci

Gerente AED/DEPRO1/GEPRO2

Apresentamos, neste documento, o trabalho desenvolvido para cumprir com os compromissos acordados no Contrato OCS nº 132/2020 - SRM 4400004281, e refere-se à entrega do Produto **Estudo de Custos-Benefícios**, Item 3.3.9 e subitens do Termo de Referência, Anexo I do Edital do Pregão Eletrônico nº 02/2020-BNDES, referente à **Região Metropolitana de Belo Horizonte em Minas Gerais**.

O profissional **GABRIEL FERIANCIC**, Responsável Técnico pelo Estudo de Custos-Benefícios, foi o responsável pela coordenação técnica e supervisão deste Produto.

Atenciosamente,

GABRIEL FERIANCIC

Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN

APRESENTAÇÃO

Este produto, **RT07 – Estudo de Custos-Benefícios**, foi desenvolvido de acordo com o contrato OCS 132/2020 SRM 4400004281, no âmbito da Fase 2 que engloba o escopo dos serviços técnicos contemplados no Serviço C, e tem por objetivo a formatação final do modelo de concessão do serviço público de transporte de passageiros em cada uma das regiões metropolitanas. Nesse caso do sistema atualmente operado pela CBTU BH.

Considerando como referência inicial o subitem 3.3.9 do Termo de Referência, as melhores práticas para realização de estudos de custo-benefício e diálogo com o contratante o escopo desse estudo foi ajustado. Nesse contexto esse relatório contém uma análise detalhada dos indicadores de benefícios sociais com a projeção ao longo do tempo de concessão, além de análise custo-benefício levando em conta o cenário contrafactual *greenfield*. Foi construído um fluxo de caixa social, que permitiu o cálculo de indicadores de viabilidade visando entender os ganhos econômico-sociais de se fazer essa concessão.

SUMÁRIO EXECUTIVO

Considerações sobre o estudo de Custos-Benefícios

O estudo de custos-benefícios da concessão da CBTU/STU Belo Horizonte tem como objetivo analisar a viabilidade econômica e social para concessão à iniciativa privada do sistema atual e sua futura expansão. Foi realizada modelagem econômica para avaliar como seria a operação do sistema por uma concessionária privada, com contrato de duração de 30 anos.

O modelo foi estruturado em valores reais e a data-base para os dados de entrada do modelo foi definida como sendo março de 2021. O cenário base considerado neste estudo engloba a Linha 1 com sua requalificação e construção da estação Novo Eldorado associado à expansão da Linha 2.

O Valor Social Presente Líquido (VSPL) da concessão (ou o resultante do Fluxo de Caixa Livre para a Firma) foi o principal indicador para análise. A Taxa Social de Desconto (TSD) utilizada no modelo foi de 8,5%, como será detalhado no corpo do estudo.

Para elaboração do modelo de simulação todos os pagamentos de impostos e encargos explícitos no orçamento e na operação do projeto são desconsiderados da contabilidade de custos econômicos.

Para alimentar o modelo foram considerados os seguintes dados de entrada: Benefícios Sociais e Custos (OPEX e CAPEX).

Sobre os Benefícios, foram calculados os valores para 7 benefícios quantitativos com base no relatório RT05 (Estudo de Demanda) e em dados secundários, e foram analisados qualitativamente 7 benefícios. A soma total dos Benefícios ao longo dos 30 anos de concessão é de aproximadamente R\$ 48,4 bilhões.

Sobre o OPEX, foi realizada uma modelagem *bottom-up* e construídos valores para os custos e despesas operacionais divididos em 9 categorias. Entende-se que é possível, nesse contexto, operar o sistema com nova lógica gerencial, menos pessoal e otimização em contratos de terceiros e em energia de tração e de estações. A soma total do OPEX ao longo dos 30 anos de concessão é de aproximadamente R\$ 6,7 bilhões.

Sobre o CAPEX, foi obtido por meio do relatório RT06 (Estudo Técnico-Operacional), e dividido em 11 categorias: Edificações-Civil, Via Permanente, Rede Aérea, Sinalização, Energia, CCO, Telecomunicações e TI, Equipamentos de Via, Material Rodante, Sobressalentes e Centro de Manutenção, Licenças Ambientais e Equipamento de Proteção Coletiva. A soma total do CAPEX ao longo dos 30 anos de concessão é de aproximadamente R\$ 3,7 bilhões. Sobre o CAPEX foram incluídos os benefícios do REIDI.

Com as premissas, dados de entrada e modelo construídos foi possível **analisar os resultados**. Como indicadores principais foram calculados o **VSPL e o Índice B/C**, que indicam o resultado líquido de ganhos para a sociedade oriunda do sistema. Para uma visão sumarizada inicial, segue indicado no quadro a seguir os valores calculados para esses indicadores no cenário base.

VSPL	Índice B/C
R\$ 10,402 bilhões	3,11

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta o produto RT07 – Estudo de Custos-Benefícios, considerando como referência inicial o subitem 3.3.9 do Termo de Referência, as melhores práticas para realização de estudos de custos-benefícios e diálogo com o contratante para que o escopo do mesmo fosse ajustado. Também tornando esse relatório coerente e conectado com todo o estudo que visa avaliar e preparar a potencial concessão do sistema de transportes para a iniciativa privada.

Nesse contexto será adotada pelo Consórcio GPO-SYSTRACESTRON-RHEIN (doravante apenas Consórcio) a Análise Custo-Benefício (ACB) como ferramenta central para a obtenção de indicadores que devem orientar a seleção e a priorização de projetos de investimento, conforme referências metodológicas consagradas. Diversos artigos e estudos nacionais e internacionais (vide Referências Bibliográficas) nortearam o estudo em termos gerais. Algumas das diretrizes gerais para uma boa ACB são: considerar custo de oportunidade, ter perspectiva de longo prazo, calcular indicadores de viabilidade econômica expressos em termos monetários, abordagem microeconômica e incremental.

Será utilizada uma abordagem indireta para calcular os benefícios sociais, a qual se baseia em calcular os custos evitados pelos usuários para consumir o mesmo bem ou serviço de uma fonte alternativa. No caso de um projeto de infraestrutura ferroviária para passageiros as fontes alternativas, para locomoção das pessoas, são representadas pelos demais meios de transporte como automóveis, motocicletas, ônibus, entre outros.

A ACB propõe-se a analisar os impactos sociais e econômicos do projeto proposto, explicitando os ganhos trazidos à sociedade por este, de modo a justificar os esforços, públicos e privados, para viabilizar o mesmo. Nessa análise serão incluídos benefícios sociais quantitativamente e qualitativamente, impactando diretamente a população local no entorno do Projeto, e principalmente, os beneficiários desse meio de transporte, que usufruirão de um ganho de tempo em suas viagens.

Para este estudo, foram utilizados diversos dados provenientes de pesquisa secundária (disponíveis publicamente), vindos dos demais relatórios do atual estudo, em particular do Estudo de Demanda (RT05) e do Estudo Técnico-Operacional (RT06), além de uma série de análises para a construção das projeções dos indicadores de benefício estudados.

Será realizada também, na **seção 7**, uma breve discussão sobre qual seria a responsabilidade futura (pós concessão) por parte do concessionário privado para que os indicadores de benefícios aqui estudados se tornem realidade. Garantindo assim que os ganhos sociais possam ser obtidos no decorrer do período de concessão.

2. METODOLOGIA

O elemento metodológico central para a ACB é a construção de um modelo de simulação que permita analisar os fluxos de caixa sociais da operação futura conforme previsto no modelo adotado, no caso de uma concessão para operação privada do sistema. Esse modelo é alimentado por uma série de premissas e dados técnicos e, então, são calculados indicadores típicos, como o Valor Social Presente Líquido (VSPL), Taxa de Retorno Econômica (TRE) e o Índice B/C que, em conjunto, permitem avaliar o resultado esperado para a sociedade.

O estudo deve incorporar as perspectivas de ganhos e benefícios sociais como uma vertente de grande relevância para averiguar a viabilidade e priorização de projetos. Considerando que de acordo com o 'Evaluación Económica de Proyectos de Transporte' do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) (2006), um projeto pode produzir um bom resultado de benefício social, porém não ser financeiramente viável. Da mesma forma, o resultado financeiro pode ser satisfatório, porém com benefícios sociais negativos. Temos assim as seguintes condições:

- Se o VPL social for negativo, o projeto não deve ser realizado.
- Se o VPL social for positivo, deve-se avaliar o VPL financeiro.
 - Se o VPL financeiro for positivo, o projeto deve ser realizado.
 - Se o VPL financeiro for negativo, o projeto não deve ser realizado ou deve-se calcular preço/demanda que torne o projeto viável. Podendo o projeto ser subsidiado.

Esse relatório apresentará o cálculo do VPL social, ao passo que o VPL financeiro será analisado posteriormente nesse projeto.

A modelagem será realizada considerando uma companhia concessionária dedicada a operar cada um dos sistemas a serem analisados, no caso desse relatório atual o Sistema da CBTU na região metropolitana de Belo Horizonte. Ou seja, uma nova concessionária que fará a operação de todo sistema atual e o crescimento previsto para ele, mas sem considerar as especificidades da empresa pública atual.

Os dados de entrada foram organizados em três grandes categorias: (i) Dados para o cálculo dos Benefícios, (ii) OPEX (custos e despesas operacionais) e (iii) CAPEX (investimentos) para formar a base do modelo.

Para realizar a ACB do sistema da CBTU/STU BH foi definido um cenário para ser avaliado, que envolve a requalificação da Linha 1 com ampliação até Novo Eldorado e o desenvolvimento da nova Linha 2, com seccionamento total de linhas. Sendo esse o cenário que no relatório RT05 obteve o maior potencial de demanda, e também o cenário base a ser adotado no Relatório de Avaliação Econômico-Financeira (RT08).

Uma premissa metodológica relevante foi a adoção, para esse estudo, do cenário contrafactual *greenfield*, realizando assim a comparação do projeto proposto com a perspectiva da inexistência do sistema de transporte metroviário. Essa escolha foi realizada para poder efetivamente mensurar o impacto dos benefícios sociais trazidos pelo projeto, e solicitados no edital de contratação do estudo.

Dada a natureza desse estudo e analisando as possibilidades existentes, chegamos à conclusão que faz sentido utilizarmos o cenário contrafactual *greenfield*, até porque para muitos dos sistemas que estão sendo analisados (por exemplo, Trensurb e CBTU/STU Recife) o sistema já está completo em termos de estações e infraestrutura principal. Nesse contexto, uma análise considerando um cenário contrafactual *brownfield* não permitiria calcular adequadamente os indicadores de benefícios que esses projetos geram.

Apesar dessa premissa adotada para o corpo principal do relatório, também será realizada uma análise adicional do impacto econômico-social no contexto de se ter o cenário *brownfield* como contrafactual,

com ênfase na eficiência que o sistema terá com a operação privada. Essa será apresentada na **seção 8**.

Será construído um modelo parametrizado de análise a partir da estrutura geral estabelecida. Este será utilizado para realizar simulações diversas e calcular os principais valores e indicadores gerando as conclusões de benefícios sociais. Em caráter ilustrativo, espera-se uma estrutura similar à apresentada no ‘Uso de inteligência de dados para planejamento de transporte e logística – Análise Custo-Benefício para empreendimentos de infraestrutura de transportes’ disponibilizado pela Empresa de Planejamento e Logística (EPL):

Figura 2-1 – Exemplo de Cálculo do Fluxo de Caixa Social

Aspecto	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	...	Ano 20	Ano 25	Ano 30
Investimento	-94,9	-92,1	-57,0	-	-	...	-	-	-
Custos de manutenção e operação	-	-	-	-0,8	-0,8	...	-0,8	-0,8	-0,9
Valor residual dos investimentos	-	-	-	-	-	...	-	-	151,0
Total dos custos econômicos	-94,9	-92,1	-57,0	-0,8	-0,8	...	-0,8	-0,8	150,2
Benefícios do valor do tempo	-	-	-	10,7	11,5	...	25,4	30,5	37,7
Benefícios do custo operacional dos veículos	-	-	-	1,3	1,4	...	2,4	2,7	3,0
Benefício de redução de acidentes	-	-	-	0,4	0,4	...	0,9	1,0	1,2
Benefício da menor emissão de CO2	-	-	-	0,1	0,1	...	0,3	0,4	0,5
Total de benefícios econômicos	-	-	-	12,5	13,5	...	28,9	34,6	42,3
Fluxo de caixa social	-94,9	-92,1	-57	11,8	12,8	...	28,1	33,7	192,5
Taxa de desconto social: 5% VPL social: 87.0									

Fonte: Uso de inteligência de dados para planejamento de transporte e logística – Análise Custo-Benefício para empreendimentos de infraestrutura de transportes – EPL (2019)

Conforme indicado acima, o método para a Análise de Custo-Benefício (ACB) materializa-se com o estabelecimento de Fluxo de Caixa Descontado que considera a somatória dos benefícios sociais (discutidos em mais detalhes na **seção 4** abaixo) como fluxos positivos e os valores de investimentos e custos operacionais como os fluxos negativos. A partir desse fluxo futuro são calculados os indicadores típicos da ACB.

2.1. INDICADORES DE BENEFÍCIOS SOCIAIS

2.1.1. Valor Social Presente Líquido (VSPL)

O cálculo do VPL social do projeto, principal indicador do estudo, é definido como a diferença entre o total de benefícios e custos descontados à Taxa Social de Desconto (benefícios econômicos líquidos), conforme fórmula apresentada a seguir:

$$\begin{aligned}
 VSPL &= \sum_{t=0}^T \frac{BL_t}{(1 + TSD)^t} + VR \\
 &= \frac{BL_0}{(1 + TSD)^0} + \frac{BL_1}{(1 + TSD)^1} + \dots + \frac{BL_T}{(1 + TSD)^T} + VR
 \end{aligned}$$

Na qual BL_t representa o fluxo de benefícios econômicos líquidos no período t ; TSD denota a taxa social de desconto, e VR corresponde ao valor residual do investimento. O VR será calculado com base nos investimentos realizados e ativos da concessão, por meio da depreciação deles ao longo do tempo.

Sendo assim atribuído um valor residual para os bens que não estejam totalmente depreciados ao final do período de concessão, conforme será detalhado na **subseção 5.2.1**.

2.1.2. Taxa de Retorno Econômica (TRE)

A TRE do projeto é definida como a taxa de desconto que iguala o VSPL a zero. O indicador é obtido pela solução da seguinte equação:

$$0 = \sum_{t=0}^T \frac{BL_t}{(1 + TRE)^t} + VR$$

Na qual BL_t representa o fluxo de benefícios econômicos líquidos no período t ; e VR corresponde ao valor residual do investimento.

A TRE é um número puro, invariante à escala, normalmente expresso em percentual. Em geral, é utilizado para julgar o desempenho futuro do investimento em comparação a outros projetos, e em relação a uma taxa de retorno mínima tida como referência (ex. Taxa Social de Desconto, que será apresentada na **seção 2.2**). É recomendado que para o projeto ser aceito a TRE precisa ser superior à Taxa Social de Desconto.

2.1.3. Índice B/C

O índice B/C é dado pelo quociente entre os valores presentes de benefícios e custos econômicos.

- Se o índice B/C for maior que 1, o projeto possui mais benefícios do que custos a valor presente.
- Se o índice B/C for menor que 1, o projeto possui menos benefícios do que custos a valor presente.

2.2. TAXA SOCIAL DE DESCONTO (TSD)

O fator de desconto na avaliação social de projetos é conhecido como Taxa Social de Desconto (TSD), e representa um parâmetro relevante para efetivar a metodologia ACB. Primeiro pois a TSD representa o critério de investimento, já que a decisão de executar o projeto deve ser afirmativa somente se o seu retorno socioeconômico superar o custo de oportunidade dos recursos consumidos – i.e. $TRE \geq TSD$. Segundo, porque a longa maturidade de investimentos em infraestrutura faz com que seu VSPL seja bastante sensível à taxa de desconto. Dessa forma, em algumas situações, diferentes valores para a TSD podem levar à uma inversão de ordenamento entre alternativas de solução com distintos perfis temporais de benefícios, para uma mesma intervenção, ou então, levar a uma priorização distinta entre projetos em uma carteira de investimento.

Após ampla pesquisa secundária sobre o tema decidiu-se como o mais coerente, para esse estudo, seguir o recente cálculo da TSD apontado na nota técnica SEI nº 19911/2020/ME, intitulada “Taxa social de desconto para avaliação de investimentos em infraestrutura: atualização pós consulta pública”, apresentada pela Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura (SDI) em 22 de maio de 2020.

De acordo com a Nota Técnica da SDI, a TSD calculada é aplicável a ACB de projetos de investimento em infraestrutura, refletindo a percepção da sociedade quanto ao custo de oportunidade de capital e baseia-se em metodologia referenciada na literatura e experiência internacional.

Para estimar a TSD, a Nota Técnica da SDI utilizou uma metodologia amplamente aceita em nível internacional: a abordagem de eficiência, atribuída a Harberger (1972). Ademais, a estimativa se

baseou em dados obtidos de fontes secundárias nacionais e internacionais para calcular o custo de oportunidade social de recursos investidos em projetos de infraestrutura.

A abordagem de eficiência define a TSD como uma média ponderada entre os custos das possíveis fontes de recursos para projetos de investimento, como a poupança privada, o investimento privado deslocado, e a poupança externa. A cada qual está associada uma taxa de retorno distinta, uma vez que distorções sobre o mercado de capitais e sobre o setor externo, principalmente tributárias, causam um hiato entre o preço percebido por ofertantes e por demandantes no mercado. Os ponderadores refletem o impacto relativo do projeto de investimento sobre as diferentes fontes de financiamento, dependendo, portanto, das respectivas elasticidades a variações na taxa de juros.

2.2.1. Cálculo da TSD

Devido a distorções presentes no mercado de capitais, tais como impostos, subsídios e poder de mercado, ofertantes e demandantes no mercado de fundos emprestáveis se defrontam com custos de oportunidade distintos, descritos a seguir:

- A taxa social de preferência intertemporal, aproximada pela taxa real de captação da poupança doméstica (P);
- O custo social de oportunidade do capital, aproximado pela rentabilidade real do investimento privado (R); e
- O custo marginal do endividamento externo ($CMgX$).

O custo social de oportunidade dos recursos econômicos requeridos pelo projeto de investimento, representado pela TSD, corresponde, assim, a uma média ponderada:

$$TSD = w_1 \cdot P + w_2 \cdot R + w_3 \cdot CMgX$$

A primeira etapa da metodologia envolve calcular os ponderadores w_1 , w_2 e w_3 , que são proporcionais ao deslocamento relativo da poupança interna, do investimento privado e da poupança externa para acomodar um projeto de investimento marginal, e dependem também das elasticidades.

A segunda etapa corresponde à estimativa de valores de médio-longo prazo para a taxa de captação da poupança (P), a rentabilidade privada (R) e o custo marginal do endividamento externo ($CMgX$).

Optou-se, na nota técnica acima citada e aqui utilizada, por recorrer às projeções macroeconômicas da Instituição Fiscal Independente (IFI) do Senado Federal, reputada por seu zelo técnico e isenção de análise. Além de fornecer boa parte das informações requeridas pela TSD para o médio-longo prazo, a IFI apresenta suas projeções em cenários (base, otimista, pessimista), estrutura particularmente conveniente para as combinações de variáveis que são consideradas no cálculo da TSD.

Assim, para estimar a taxa de captação da poupança interna (P) foram utilizadas projeções macroeconômicas da IFI, considerando uma média das projeções para o período 2020-2030.

A rentabilidade do investimento privado (R) tende a ser o principal elemento da taxa social de desconto segundo a abordagem de eficiência. Devido à sensibilidade empírica do investimento privado à taxa de juros, o ponderador para este componente costuma ser relativamente maior, razão pela qual a estimação do retorno privado precisa ser especialmente cuidadosa.

Na Nota Técnica da SDI, optou-se por utilizar um indicador desenvolvido pelo Centro de Estudos em Mercado de Capitais da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (CEMEC-Fipe), denominado retorno sobre capital investido (ROIC). Tal indicador também se baseia no método microeconômico (amostra de empresas), mas sua construção denota maior simplicidade e robustez.

Utilizando uma série de ROIC de 2009 a 2019, foi calculado para o médio-longo prazo a rentabilidade do investimento privado (R) para cada um dos cenários, correspondendo a 9% (base), 7% (otimista) e 11% (pessimista).

Por fim, o último parâmetro a ser calculado nessa segunda etapa é o custo marginal da poupança externa ($CMgX$), que se calcula a partir do custo médio de endividamento externo ($CMeX$) e da elasticidade da poupança externa com respeito ao custo marginal externo (ES_x), com base na seguinte relação:

$$CMgX = CMeX \cdot \left(1 + \frac{1}{ES_x}\right)$$

Por sua vez, o custo médio de endividamento externo é obtido de forma *bottom-up*, principalmente para evitar a excessiva volatilidade observada em métricas explícitas de custo externo.

A figura 2-2 detalha os cálculos da TSD, utilizando as combinações de valores de ponderadores e os cenários para os custos de oportunidade das fontes de financiamento. Como pode-se perceber, a TSD flutua entre 5,7% e 11,4%, com valor médio de aproximadamente 8,5%.

Figura 2-2 – Detalhamento dos cálculos da TSD

	w1	w2	w3	P	R	CMgX	TSD
Cenário Base	0,3%	96,9%	2,7%	1,87	9,02	9,58	9,01
	0,4%	96,6%	3,1%	1,87	9,02	9,58	9,01
	0,6%	94,9%	4,6%	1,87	9,02	9,58	9,01
	0,6%	94,3%	5,1%	1,87	9,02	9,58	9,00
	13,1%	84,5%	2,4%	1,87	9,02	9,58	8,10
	14,4%	83,0%	2,6%	1,87	9,02	9,58	8,00
	20,1%	76,3%	3,7%	1,87	9,02	9,58	7,61
	21,9%	74,1%	4,0%	1,87	9,02	9,58	7,48
Cenário Otimista	0,3%	96,9%	2,7%	1,48	7,00	4,84	6,92
	0,4%	96,6%	3,1%	1,48	7,00	4,84	6,91
	0,6%	94,9%	4,6%	1,48	7,00	4,84	6,87
	0,6%	94,3%	5,1%	1,48	7,00	4,84	6,86
	13,1%	84,5%	2,4%	1,48	7,00	4,84	6,23
	14,4%	83,0%	2,6%	1,48	7,00	4,84	6,15
	20,1%	76,3%	3,7%	1,48	7,00	4,84	5,81
	21,9%	74,1%	4,0%	1,48	7,00	4,84	5,71
Cenário Pessimista	0,3%	96,9%	2,7%	2,61	11,04	19,98	11,26
	0,4%	96,6%	3,1%	2,61	11,04	19,98	11,28
	0,6%	94,9%	4,6%	2,61	11,04	19,98	11,40
	0,6%	94,3%	5,1%	2,61	11,04	19,98	11,44
	13,1%	84,5%	2,4%	2,61	11,04	19,98	10,15
	14,4%	83,0%	2,6%	2,61	11,04	19,98	10,06
	20,1%	76,3%	3,7%	2,61	11,04	19,98	9,68
	21,9%	74,1%	4,0%	2,61	11,04	19,98	9,55

Mínimo	5,71
Máximo	11,44
Média	8,48

Fonte: Nota técnica SEI nº 19911/2020/ME

Portanto, para projetos de investimento em infraestrutura avaliados a partir de 2020, o recomendado pelo Governo Federal passou a ser a adoção da taxa social de desconto de **8,5% real ao ano**.

Assim, de forma sumarizada:

Tabela 2-1 – Detalhamento dos cálculos da TSD

Premissa	Descrição	Valor	Referência
Taxa Social de Desconto (TSD)	Taxa de desconto utilizada para o cálculo do VSPL	8,5% a.a.	Percentual estipulado por nota técnica SEI nº 19911/2020/ME

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRA-CESCON-RHEIN, 2021

Tomando outras referências internacionais acerca da temática de taxa de desconto relacionadas a projetos de infraestrutura, tem-se uma nota técnica bastante detalhada, porém já um pouco antiga, do Banco Mundial (2005) que recomenda uma taxa de 12% a.a., e a justificativa para o uso de uma taxa de desconto relativamente alta para a valoração econômica é que dada a escassez de recursos para investimento, faz-se necessário priorizar os projetos que oferecem maior rentabilidade. Por outro lado, o Guia da Comissão Europeia (2014) apontou valores de 3% a 5% de acordo com características culturais de cada país do referido continente.

Dessa forma, comparativamente com essas outras fontes, optou-se por utilizar a TSD da Nota Técnica da SDI que é mais atual, do ano de 2020, e passou por consulta pública, além de ser específica para o mercado nacional. Na **seção 6.2** de análise de sensibilidade será realizada uma avaliação do impacto da variação da taxa em relação aos resultados alcançados.

2.3. OUTROS ASPECTOS METODOLÓGICOS

Segundo o Guia do Ministério da Economia (2020), quando os impactos não ocorrem em transações diretas entre o ofertante e os usuários dos serviços do projeto, mas recaem sobre terceiros sem devida compensação, estes são denominados externalidades, sendo assim caracterizado como um custo ou benefício que extravasa do projeto para partes externas, e não apresenta compensação monetária. Efeitos ambientais são as externalidades mais comuns dessa natureza no contexto da ACB.

A avaliação das externalidades torna-se relativamente simples: requer uma estimativa do volume da externalidade (ex. aumento de ruído em decibéis para a população exposta), a ser multiplicado pelo preço unitário apropriado (ex. R\$ por decibel por pessoa) e pela população afetada.

As duas externalidades que estão sendo levadas em conta quantitativamente no estudo são: emissões de poluentes atmosféricos e emissões de gases de efeito estufa.

A valoração por preços sociais dos insumos e produtos do projeto, bem como a monetização das externalidades, já contabilizam os principais impactos relevantes do projeto sobre o bem-estar. Por consequência, os efeitos indiretos sobre mercados secundários não devem ser incluídos na análise de custos e benefícios do projeto, como por exemplo os efeitos sobre o setor de turismo ou mercado imobiliário.

A principal razão para não incluir efeitos indiretos não é por serem mais difíceis de serem identificados ou quantificados que efeitos diretos, mas sim porque se os mercados secundários forem aproximadamente eficientes, os efeitos indiretos são irrelevantes em termos de equilíbrio geral. Acrescentar tais efeitos aos custos e benefícios mensurados nos mercados primários geralmente resulta em dupla contagem, e alguns exemplos são: a geração de atividades econômicas ao longo de uma rodovia e a geração de empregos devido ao projeto.

3. PREMISSAS GERAIS

Este capítulo apresenta as premissas adotadas para a realização da modelagem econômica do estudo de custo-benefício.

O modelo é estruturado em valores reais, ou seja, sem considerar a inflação no período.

3.1. PREMISSA TEMPORAL

Para efeitos de modelagem, assume-se uma duração de 30 anos a partir da data de vigência da concessão.

Tabela 3-1 – Premissas Temporais

Premissa	Descrição	Valor	Justificativa
Prazo Total do Contrato de Concessão	Duração do contrato a partir do momento em que a iniciativa privada assume a operação	30 anos	Escolha de acordo com o padrão das concessões do setor e alinhado com o que será utilizado no estudo financeiro
Data de início da projeção	Data considerada como início da operação privada	2022	Considerado como ano 1 para modelagem atual de modo a calcular os indicadores econômicos

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

3.2. CORREÇÕES FISCAIS

Os impostos e subsídios são meras transferências que não representam, na realidade, custos ou benefícios econômicos para a sociedade, envolvendo tão somente a transferência de controle sobre determinados recursos de um grupo da sociedade para outro. Dessa forma, todos os pagamentos de impostos e encargos explícitos no orçamento e na operação do projeto serão excluídos da contabilidade de custos econômicos, com exceção dos impostos indiretos (ou subsídios) que existem para corrigir externalidades, como a emissão de poluentes.

Além disso, os preços de insumos do projeto podem ser considerados líquidos de impostos diretos e indiretos, como por exemplo o ICMS. E os preços utilizados como proxy para o valor de insumos relevantes do projeto devem ser considerados líquidos de todo subsídio, ou outras transferências efetuadas por entidades públicas.

3.3. REGIME ESPECIAL DE INCENTIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE INFRAESTRUTURA (REIDI)

O REIDI consiste em um incentivo fiscal para fomentar a realização de obras de infraestrutura no Brasil, suspendendo o PIS e COFINS na venda no mercado interno ou na importação de bens e materiais que forem adquiridos diretamente pelo beneficiário. O Decreto Nº 6.144/2007 regulamenta a forma de habilitação do REIDI, e a Portaria Nº 519/2014 estabelece o procedimento de aprovação dos projetos de infraestrutura no setor de transporte e da mobilidade urbana para fins de habilitação ao REIDI.

Por representar um desconto tributário para o fornecedor, o que diminui o valor do CAPEX para o projeto, a redução do REIDI foi considerada neste estudo. Pois o impacto para o projeto, sob a ótica da sociedade, será o efetivo valor de CAPEX que deverá ser desembolsado para efetivar o mesmo.

Para o cenário base das simulações, o REIDI foi aplicado para todas as categorias de CAPEX, no valor de 6,64% pela média aritmética simples de 7 projetos do segmento de transporte metro-ferroviário de

passageiros, que são atualmente apresentados no website do Ministério do Desenvolvimento Regional¹. Foi utilizada apenas a aprovação mais atual dos projetos em caso de duplicidades, conforme apresentado na Tabela 3-2 a seguir:

Tabela 3-2 – Cálculo do valor do REIDI

Projeto	Prazo de Habilitação	Valor do Projeto sem o incentivo	Valor do Projeto com o incentivo	% de Redução
VLT Carioca – Rio de Janeiro	2014-2019	1.379.985.127	1.286.652.871	6,76%
VLT Goiânia – Goiás	2015-2020	1.684.236.739	1.571.859.160	6,67%
Monotrilho da Linha 18 (Broze) – São Paulo	2015-2020	4.349.489.795	4.073.474.885	6,35%
Sistema Metroviária de Salvador e Lauro de Freitas – Bahia	2014-2019	4.494.066.000	4.277.450.000	4,82%
Linhas 5 (Lilás) e 17 (Ouro) do Metrô de São Paulo	2020-2025	81.674.989	77.757.629	4,80%
VLT do Subúrbio - Bahia	2019-2024	3.115.931.238	2.843.121.594	8,76%
Linha 6 - Laranja - Metrô de São Paulo	2020-2025	13.052.671.222	11.965.610.530	8,33%
Média	N/A	N/A	N/A	6,64%

Fonte: Website do Ministério do Desenvolvimento Regional

¹ <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/mobilidade-e-servicos-urbanos/reidi> - 02/07/2021

4. CÁLCULO DE BENEFÍCIOS SOCIAIS

Para o cálculo dos benefícios sociais foram analisados inicialmente os 15 indicadores apresentados no edital do BNDES. Os benefícios listados foram então comparados com referências e recomendações nacionais e internacionais que tratavam de análises de custo-benefício e com a realidade conhecida dos projetos atuais em análise. Com isso foram definidos 2 formatos de análises desses indicadores:

- **Análises quantitativas**

Baseadas nas metodologias e referências para monetização disponíveis, serão realizados os cálculos para avaliar, ao longo do tempo, os benefícios econômicos percebidos pela população.

- **Análises qualitativas**

Indicação qualitativa detalhada dos benefícios sociais e ganhos indiretos pela população oriundos da concessão. Nesta análise serão justificados os ganhos não monetizados dos indicadores de benefício social.

O tipo de análise de cada indicador apresentado no edital do BNDES se dará conforme a tabela abaixo:

Tabela 4-1 – Indicadores sociais apresentados no Edital do BNDES (2020), ordenados pelo tipo de análise a ser apresentada

#	Indicadores	Análise
1	redução do tempo de deslocamento;	Quantitativa
2	redução do tempo de espera do usuário para ser atendido (headway);	Quantitativa
3	redução de distância percorrida / tempo despendido para acesso/utilização de diferentes modos de transportes;	Quantitativa
7	redução de emissões de poluentes atmosféricos;	Quantitativa
8	redução de emissões de gases de efeito estufa;	Quantitativa
12	redução do número de acidentes de trânsito;	Quantitativa
11	redução do consumo de energia;	Quantitativa
14	redução da poluição sonora;	Desconsiderado (duplicidade)
9	redução de poluição sonora;	Qualitativa
13	redução dos gastos com operação e manutenção do sistema viário;	Qualitativa
4	universalização da acessibilidade às instalações e equipamentos do sistema de transportes;	Qualitativa
10	maximização do grau de inserção urbana do sistema de transporte;	Qualitativa
15	aumento da população atendida pelo sistema de transporte público coletivo;	Qualitativa
5	migração do transporte individual motorizado para o sistema de transporte público coletivo;	Qualitativa
6	redução dos congestionamentos;	Qualitativa

Fonte: Edital BNDES (2020) com inclusões de tipo de análise feita por desenvolvimento próprio do autor

O tipo de análise selecionado para cada benefício social se baseia em referências tais como o guia divulgado pela Comissão Europeia (2014) 'Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects' e o manual do BID (2006) 'Manual de evaluación económica de proyectos de transporte', onde são mencionados que os benefícios de redução do tempo de traslado da população como um dos principais benefícios que podem ser gerados por projetos de infraestrutura, assim como redução de impactos ambientais e acidentes de trânsito que geram tanto custos materiais para a sociedade, tais como impactos gerais de segurança e conforto no ambiente urbano.

Ademais, para benefícios, por sua natureza indireta ou intrínseca, ou mesmo pela escassez de dados disponíveis ou metodologias padronizadas, serão analisadas de forma qualitativa em capítulos posteriores.

4.1. BENEFÍCIOS QUANTITATIVOS

4.1.1. Redução do tempo de jornada dos passageiros

Na seção 3.3.9 do edital do BNDES, item (b), são apresentados indicadores sociais que constituem a composição do cálculo de custo-benefício, e dentre eles o benefício social oriundo da redução do tempo durante a jornada de traslado dos usuários da linha ferroviária urbana.

Conforme salientado por Ortúzar (2011), as economias de tempo de viagem são um dos benefícios mais importantes percebidos nos projetos de transporte. Outros autores como Mackie et al (2003) e Brito et Strambi (2007) afirmam que, em alguns projetos de transporte, a economia do tempo de viagem pode representar cerca de 80% dos benefícios sociais. Desta forma, na análise de projetos de infraestrutura o impacto no tempo em traslado dos passageiros é um fator de central relevância visto que é diretamente percebido pelos usuários do meio de transporte, e assim apresentando grande impacto social.

Para uma visão monetária do valor do tempo de passageiros em deslocamento existem atualmente diversas referências a serem utilizadas, que podem se diferenciar segundo aspectos culturais ou comportamentais de cada país onde se realizou cada tipo de pesquisa.

Para a modelagem deste benefício foi considerada a priori a consolidação dos tempos de acesso, espera (headway) e traslado para todos os beneficiários da matriz de transportes da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), calculados com o mesmo método e em conjunto com o estudo de demanda realizado (RT05). As proporções de tempos ganhos ao longo do tempo serão indicadas ao final do capítulo como referência.

4.1.1.1. Metodologia de Cálculo

O valor do ganho monetizado do tempo dos passageiros se deu pela seguinte expressão:

$$\text{Benefício do tempo}_i = (VP)_i * (VT) * [(T_{\text{proj}}) - (T_{\text{gf}})]$$

Onde:

i – Indicação de cada ano referente ao período de concessão

VP – Volume de passageiros transportados

VT – Valor do tempo estimado

T_{proj} – Tempo médio de traslado dos passageiros considerando o uso do sistema ferroviário

T_{gf} – Tempo médio de traslado dos passageiros simulada em cenário de inexistência do metrô

Para a modelagem dos ganhos oriundos das diminuições de tempo, a estrutura de simulação foi configurada tomando os usuários de todo o sistema de transportes de mobilidade urbana, considerando assim os passageiros que utilizam todos os modais de transporte disponíveis na RMBH.

Dessa forma, os ganhos de tempo, nesta modelagem, serão absorvidos por todos as pessoas na chamada Matriz de Mobilidade Urbana, denominados 'beneficiários' na comparativa do cenário de concessão contrafactual *greenfield*.

Um ponto importante a ser considerado na abordagem metodológica deste benefício é que no cenário da inexistência do metrô 1.867.162 beneficiários correspondem ao tamanho da matriz que já circula diariamente pelo sistema de mobilidade da RMBH. No cenário de existência do metrô um público maior (1.976.802) será atendido pelo transporte público, sendo que a diferença desses números corresponde às pessoas que passariam a utilizar o sistema de mobilidade. Dessa forma, estes novos 109.640 beneficiários seriam provenientes de um movimento migratório que antes não eram considerados no sistema de mobilidade da matriz urbana da RMBH.

Para o cálculo do volume destes beneficiários migrados (109.640), foi tomado como ano base nas simulações o ano 6 do período de concessão, equivalente a 2027, considerando o início em 2022.

Tabela 4-2 - Volume diário de beneficiários do sistema de mobilidade para cenários com e sem metrô

Ano 6 da concessão (2027)	Beneficiários/dia
Matriz do sistema de mobilidade urbana (Cenário sem metrô)	1.867.162
Matriz do sistema de mobilidade urbana (Cenário com metrô)	1.976.802
Novo público atendido na matriz do sistema de mobilidade	109.640

Fonte: RT05: 'Estudo de Demanda' elaborado pelo Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

Como um elemento conservador de análise, neste modelo, será considerado que este novo público receberá o benefício de tempo similar ao dos demais beneficiários que já faziam parte da matriz de mobilidade, mesmo entendendo-se que a eles poderia ser atribuído um ganho maior de tempo em sua jornada de deslocamento. A premissa foi adotada por não temos como segmentar esse público na modelagem da demanda.

4.1.1.2. Dados de Entrada

Dados gerais utilizados na modelagem:

Na Tabela 4-3 estão indicados os dados gerais que serão utilizados na modelagem do benefício do ganho de tempo para visão anual dos minutos ganhos por beneficiário do sistema urbano:

Tabela 4-3 - Dados gerais para anualizar volumes de beneficiários do sistema de mobilidade baseado em dias úteis típicos em um ano

Dado de entrada	Referência	Valor
Horas trabalhadas por dia	Cálculo interno	8 horas
Dias trabalhados/mês	Cálculo interno	21 dias
Dias trabalhados/ano	Cálculo interno	252 dias
Dias úteis típicos no ano	Systra	293 dias

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

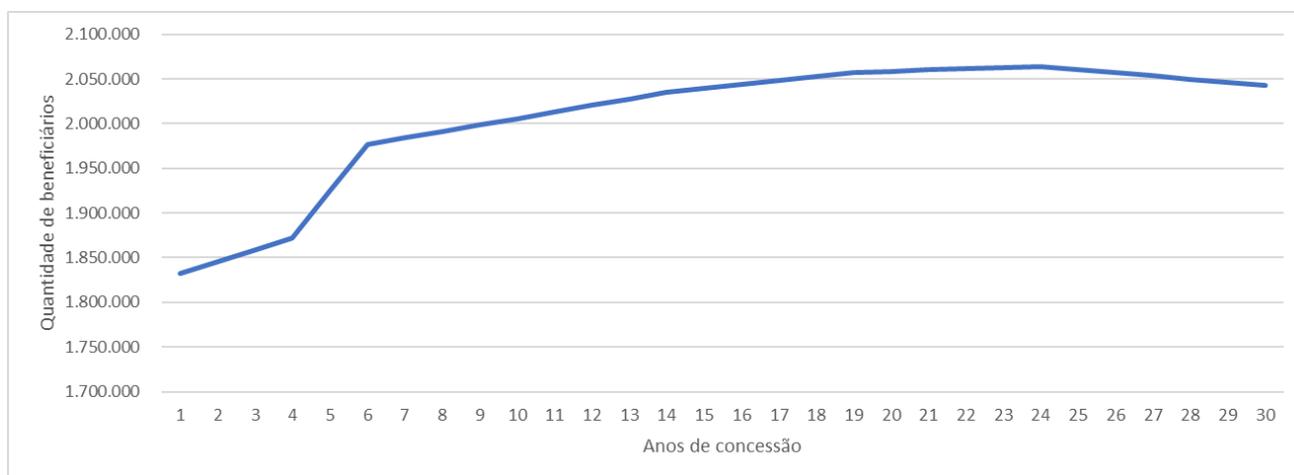
O número de dias úteis típicos no ano pondera o valor do fim de semana, e será utilizado para passar os valores de diários para anuais quando necessário.

Dados de demanda de beneficiários:

Como resultado das simulações foi gerado o ganho por cada beneficiário da RMBH durante sua jornada de traslado. Este ganho proveniente da diferença de 2 cenários de simulação, um com o projeto do metrô em cenário de implantação da Linha 2 com seccionamento total de linhas incluído na matriz de transportes e outros com cenário de inexistência do metrô.

No gráfico 4-1 é indicada a quantidade de beneficiários ao longo do tempo que percebe a diminuição do tempo em traslado na RMBH:

Gráfico 4-1 - Volume de Beneficiários do sistema de mobilidade urbana por dia

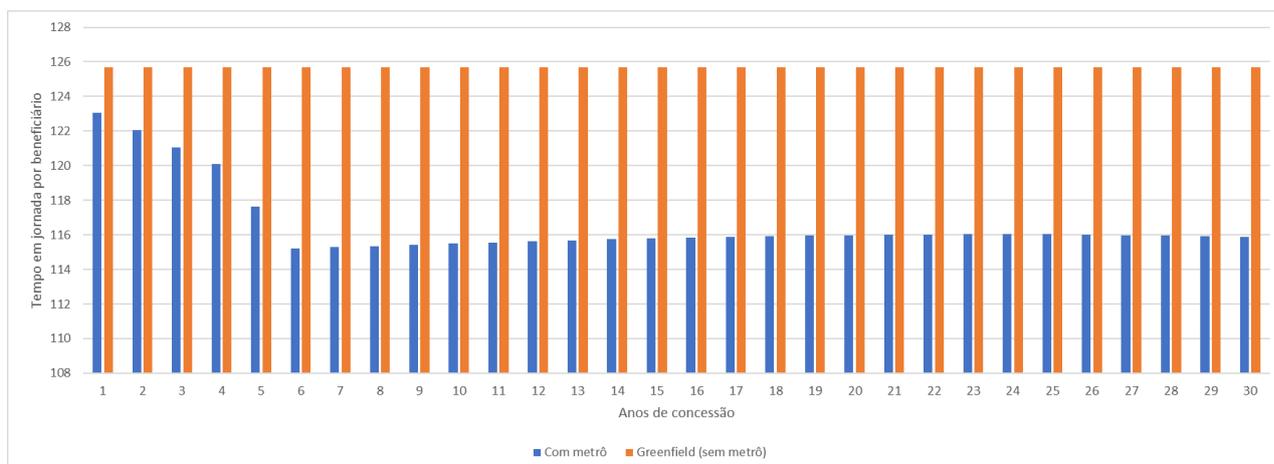


Fonte: RT05: 'Estudo de Demanda' elaborado pelo Consórcio GPO-SYSTRA-CESCON-RHEIN, 2021

No Gráfico 4-2 são representadas as diferenças de tempos em traslado ao longo do período de concessão, indicando perceptível ganho na redução de tempo à medida que cresce também o público de beneficiários da RMBH.

Destacando números de relevância, em 2022 é verificado que cada beneficiário da RMBH ganharia 2 minutos em jornada, e este valor cresce até cerca de 10 minutos a partir do ano 6 da concessão, consistente com a visão da nova linha 2 totalmente integrada do metrô.

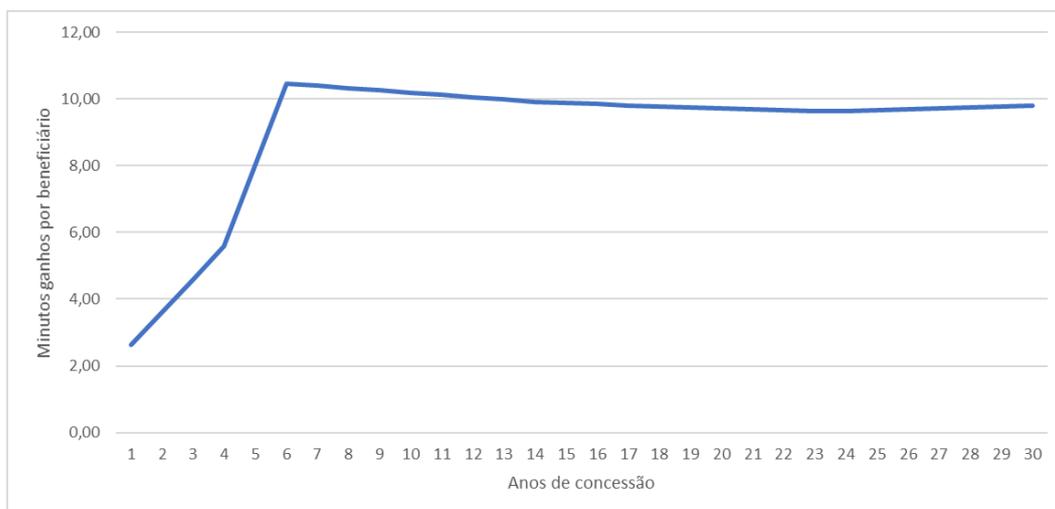
Gráfico 4-2 - Diferenças de tempos despendidos na jornada de traslado/beneficiário comparando cenários com e sem metrô



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Como resultado das diferenças de tempo apresentadas, no Gráfico 4-3, abaixo, está sintetizada uma visão dos ganhos de tempo por beneficiário, em minutos, ao longo do período de concessão:

Gráfico 4-3 - Tempo ganho por beneficiário durante a jornada de traslado devido a existência do metrô no sistema de mobilidade



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Assim, em relação aos ganhos de tempo dos beneficiários da matriz urbana verifica-se um ganho de tempo da ordem de 2 minutos por dia por beneficiário no início da concessão, sendo que este ganho se amplia atingindo cerca de 10 minutos a partir do ano 6 do período de concessão considerado.

4.1.1.3. Valor do Tempo

Após a aferição do tempo ganho para cada beneficiário ao longo do período de concessão é necessária a monetização desse benefício.

Para o cálculo do valor do tempo foi considerado como referência para a abordagem o indicado pelo World Bank (2005) 'Notes on the Economic Evaluation of Transport Projects – TRN15' (p.10), em que é indicado o valor do tempo utilizando como base o salário médio nacional ajustado por fatores de especificidade.

Figura 4-1 - Abordagem para monetização do Valor do Tempo

Método para avaliar a economia de tempo de trabalho	
Abordagem a ser adotada (dependente de dados e recursos)	Método
Abordagem de base (ou mínima) (Valor único de economia de tempo de trabalho)	taxa de salário média nacional ajustada por fatores de ajuste observados

Fonte: 'Notes on the Economic Evaluation of Transport Projects – TRN15', World Bank (2005), em tradução livre

Assim, para a modelagem deste benefício foi considerado o salário-mínimo base de 2021 ponderado pelo percentual da população ocupada segundo indicado pelo IBGE e considerando o percentual da população não-ocupada. Com base nos valores mais recentes disponibilizados pelo IBGE (dados de 2018), foram definidos a quantidade média de Salários-Mínimos de trabalhadores formais e o percentual da população ocupada.

Para a população não-ocupada foi assumido 1 salário-mínimo. Este cálculo ponderado visa considerar o valor do tempo da população usuária do metrô.

Figura 4-2 - Salários-Mínimos e população ocupada de BH

TRABALHO E RENDIMENTO	
Salário médio mensal dos trabalhadores formais [2018]	3,6 salários mínimos
Pessoal ocupado [2018]	1.454.749 pessoas
População ocupada [2018]	58,2 %

Fonte: Portal do IBGE (dados de 2018)

Tendo esses dados de entrada o cálculo do valor do tempo está definido pela seguinte fórmula:

$$\text{Valor do tempo} = (\% \text{pop. ocupada}) * (\# \text{ SM}) * (\text{Valor SM}) + (\% \text{pop. ociosa}) * (1) * (\text{Valor SM})$$

Em valores numéricos:

$$\text{Valor do tempo} = (58,20\%) * (3,6) * (1.100,00) + (41,80\%) * (1) * (1.100,00) = \text{R\$ } 2.764,52$$

Convertendo o valor mensal na ordem de minutos para cálculo interno, utilizando as premissas mencionadas anteriormente que cada usuário trabalha 8 horas diárias e 21 dias por mês, tem-se um valor do tempo de **R\$ 0,274 por minuto**.

Tabela 4-4 - Dados de entrada para cálculo do Valor do Tempo

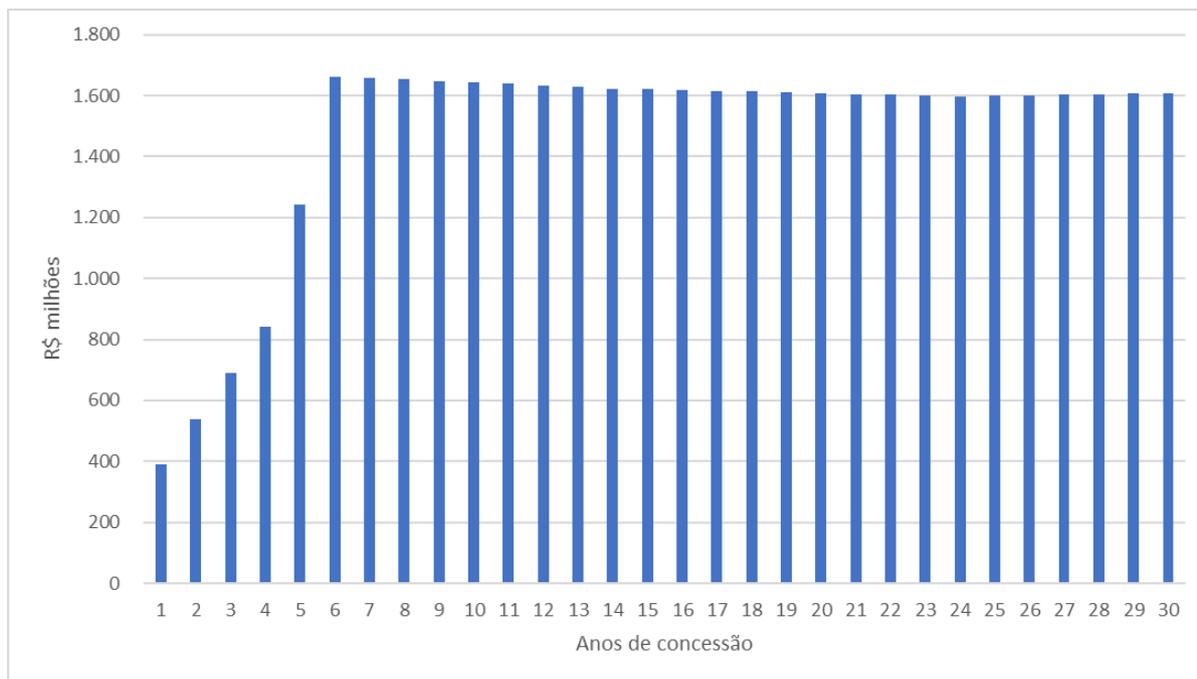
Dado de entrada	Referência	Ano	Valor
Valor do Salário-Mínimo (SM)	IPEADATA	Base 2021	R\$ 1.100
Percentual da População Ocupada em Belo Horizonte	IBGE	Base 2018	58,20%
Quantidade de SMS recebidos pela População Ocupada	IBGE	Base 2018	3,6
Salário da população Ocupada	Cálculo interno	Base 2018	R\$ 3.960
Percentual da População Ociosa em Belo Horizonte	IBGE	Base 2018	41,80%
Quantidade de SMS recebidos pela População Ociosa	Cálculo interno	Base 2021	1
Salário da população Ociosa	Cálculo interno	Base 2021	R\$ 1.100
Valor Mensal Ponderado	Cálculo interno	Base 2021	R\$ 2.765
Valor do Tempo/minuto	Cálculo interno	Base 2021	R\$ 0,274 / minuto

Fonte: IBGE (2018), IPEADATA (2021) e Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

4.1.1.4. Benefício Gerado

Consolidando o valor do tempo ganho por todos os beneficiários ao longo do tempo obtém-se os seguintes ganhos monetizados:

Gráfico 4-4 - Benefício gerado pelo ganho de tempo (R\$ mil/ano)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Observa-se um ganho de tempo que equivale a aproximadamente R\$ 389 milhões no primeiro ano de concessão, superando R\$ 1,6 bilhão em seu maior ponto. O fluxo com as informações detalhadas será apresentado em capítulos posteriores.

De forma sumarizada, sob uma perspectiva do início, meio e fim da concessão, temos a quantificação dos benefícios por:

Figura 4-3 – Sumarização dos ganhos sociais pelo benefício do tempo

Benefício	Ano da concessão	Benefício absorvido
 Ganho de tempo	1º	R\$ 389.079.848
	16º	R\$ 1.618.196.443
	30º	R\$ 1.607.783.788

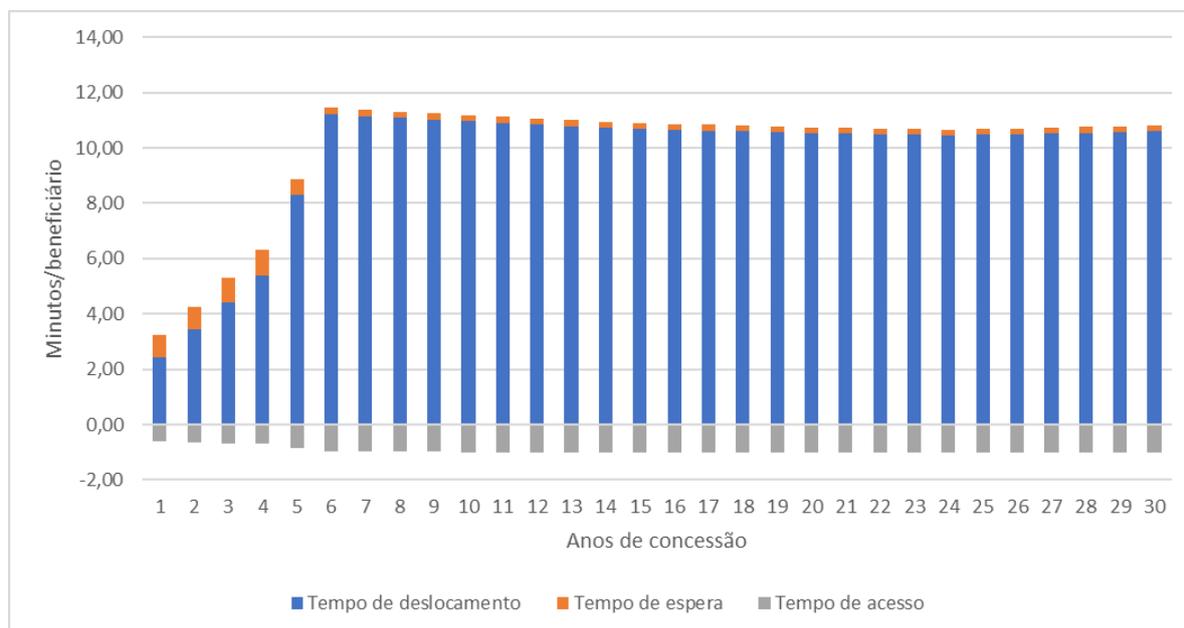
Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

4.1.1.5. Componentes do Ganho de Tempo na Jornada de Deslocamento dos Beneficiários

Para uma visão de contribuição de cada componente do tempo durante a jornada de deslocamento de cada beneficiário considere o gráfico 4-5. Nele é observado que o tempo em deslocamento é sem dúvida o principal fator contributivo para a redução do tempo despendido em jornada para cada beneficiário do sistema de mobilidade urbana.

Ainda é indicado que os tempos de acesso, considerando ingresso e egresso até o modo de transporte, representam aumento no tempo da jornada, logo diminuindo o ganho de tempo total, na comparação entre o cenário de concessão (projeto) e o *greenfield* (sem metrô).

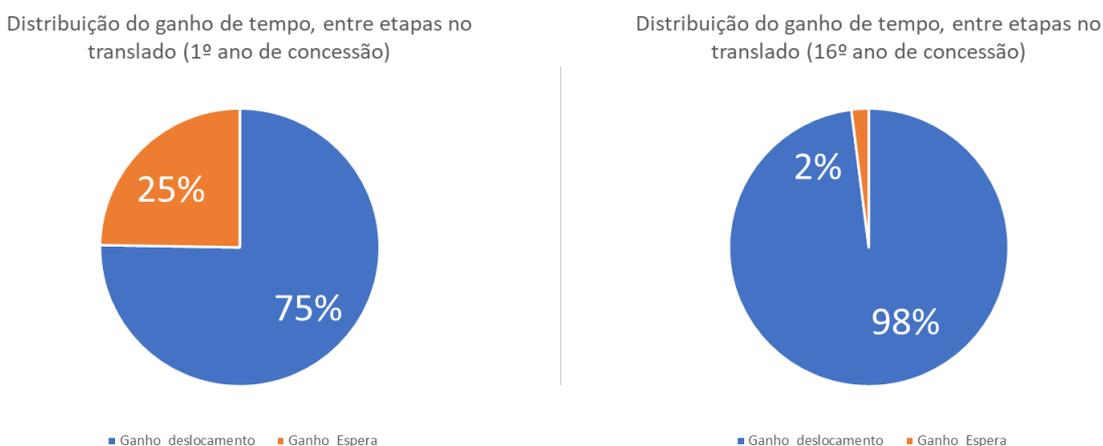
Gráfico 4-5 - Componentes do ganho de tempo (em minutos)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

Pensando em valores percentuais das contribuições dos ganhos de tempo, observa-se que o tempo em deslocamento é o grande fator contributivo, representando 75% da redução do tempo no primeiro ano de concessão, abarcando ao longo dos anos uma parcela maior, atingindo até 98% do ganho de tempo gerado no 16º ano de concessão.

Figura 4-4 - Distribuição do ganho de tempo, entre etapas de traslado



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

4.1.2. Redução de poluentes atmosféricos

Com o uso do sistema urbano de trens, os passageiros usuários do sistema estão deixando de utilizar outros meios de transporte tais como veículos privados, motos e ônibus que são fontes geradoras de material poluente. Dos diversos agentes químicos emitidos, é indicado que alguns dos principais agressores são dados pelos gases NOx (categorias de óxido nitroso e variantes), SO₂, MPx (material particulado e variantes) e COV (Compostos Orgânicos Voláteis), de acordo com estudos diversos analisados, em particular CETESB (2019), “Emissões Veiculares no Estado de São Paulo”.

Desta forma, pela utilização do metrô, se verifica um ganho de benefício ambiental pela sociedade, representado pelo indicador 8 da seção 3.3.9 do edital do BNDES.

Para contextualização desse ganho social, utilizou-se como referência metodológica o documento “Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects” da European Commission (2014), que destaca que os danos causados por estes gases são diversos, tendo diferentes impactos:

- **Danos à saúde:** Risco de contrair doenças respiratórias e cardiovasculares, cujo principal causador são os materiais particulados (MP)
- **Dano a materiais e construções:** principais danos estão relacionados a i) formação de poeira e outras partículas que afetam construções nos arredores, ii) degradação de fachadas e construções por conta de corrosões causados por poluentes ácidos (NOx e SO₂).
- **Danificação em plantações:** Ozônio como poluente secundário (formado pela emissão de CO, VOC e NOx) e poluentes ácidos (NOx e SO₂). Significando que um aumento da concentração dessas substâncias na atmosfera causa danos nas plantações.
- **Impactos no ecossistema e biodiversidades:** danos a ecossistemas causados por poluentes que causam acidificações (NOx e SO₂) e eutrofização (NOx e NH₃).
- **Gases efeito estufa:** Gases emitidos por veículos responsáveis pelo aquecimento global, sendo os principais o CO₂, N₂O, CH₄.

4.1.2.1. Metodologia de Cálculo

Para o cálculo do valor monetário desses danos foi utilizada a abordagem que considera 2 aspectos a serem quantificados:

1. **Estimativa do volume de poluentes emitidos ou evitados.** Esse passo pode ser calculado através do número de veículos retirados de circulação, podendo variar de acordo com o tipo

de frotas presentes em uma determinada região (motocicletas, ônibus, carros...) multiplicado pelo volume de poluentes emitidos por toneladas.

2. **Avaliação do total de custos de poluentes:** Volume de poluentes atmosféricos evitados é multiplicado por um preço estipulado por tipo de poluente, a ser aferido pelo custo social por tonelada do tipo de poluente emitido (R\$/tonelada).

Em síntese, a relação de cálculo se apresenta com seguinte fórmula:

$$\text{Redução de poluentes}_i = \frac{(VP)_i}{(DM)_j} * (TC)_k * (VSEP)_m$$

Onde:

i – Indicação de cada ano referente ao período de concessão;

VP – Volume de passageiros transportados;

DM – Divisão modal estimada, representando os modos que seriam utilizados em um cenário de inexistência do metrô para o transporte dos passageiros;

j – Representa os modos utilizados no cenário *greenfield*;

TC – Tipo de combustíveis utilizados por cada modo alternativo no cenário *greenfield*;

k – Representa os diferentes combustíveis utilizados em cada modo de transportes no cenário de não utilização do metrô;

VSEP – Valor Social de emissão de poluentes representa os custos por tonelada de poluentes emitidos na queima de combustíveis utilizados pelos modos alternativos de transporte;

m – Representa os diferentes valores de acordo com o tipo de gás emitido pela queima de combustíveis.

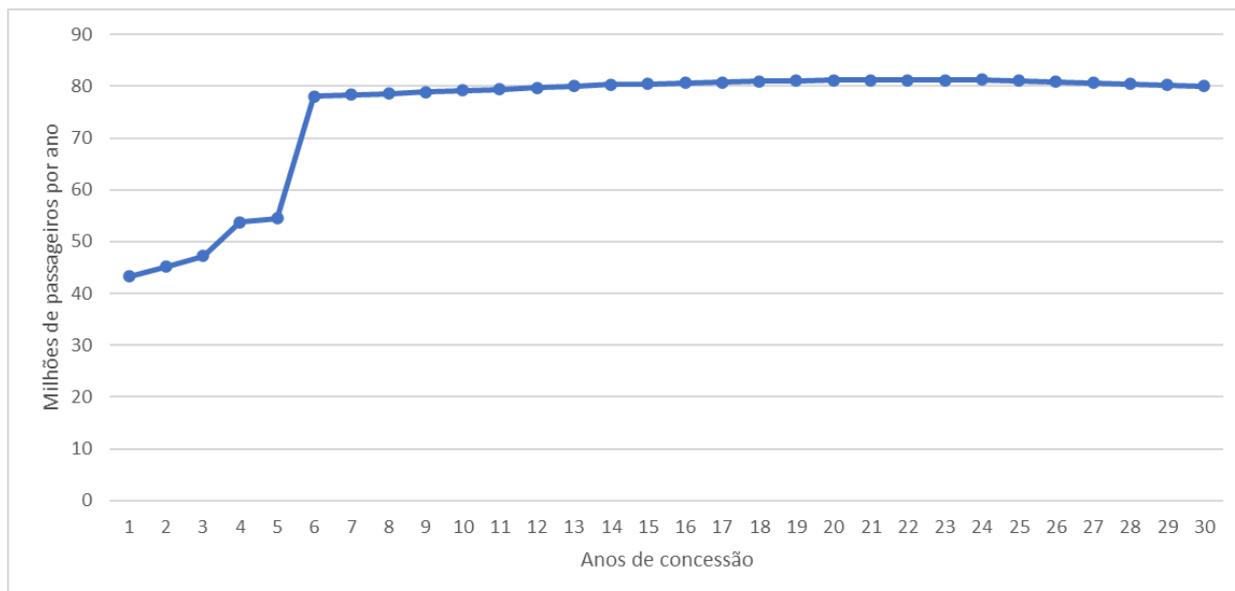
4.1.2.2. Dado de Entrada

Demanda de passageiros:

Para a estimativa de ganho de volumes de poluentes evitados devido a preferência do uso do metrô é utilizado o racional de passageiros usuários do sistema viário e sua conversão equivalente em carros, motos e ônibus evitados.

O comportamento anual da demanda de passageiros do metrô, projetada ao longo do período de concessão está apresentada no Gráfico 4-6:

Gráfico 4-6 - Demanda de passageiros



Fonte: RT05: 'Estudo de Demanda' elaborado pelo Consórcio GPO-SYSTRACECON-RHEIN, 2021

Veículos reduzidos:

Inicialmente, para avaliar a quantidade de veículos reduzidos foi considerada uma migração modal de passageiros, que representa as distribuições das alternativas de mobilidade que seriam escolhidas pelos passageiros em um cenário de inexistência do metrô. Para fins ilustrativos, considerando que 1.000 passageiros deixam de utilizar o metrô, 125 seriam transportados por carros movidos a Gasolina, 50 se deslocariam por carros movidos a Etanol Hidratado, 790 iriam de ônibus e 35 iriam utilizar motocicletas.

Para encontrar a proporção entre modais foi utilizado como base os valores obtidos na Pesquisa Origem-Destino (OD) de Belo Horizonte (2012), refletindo um comportamento local por preferências entre modais. Esse comportamento é coerente com o público usuário dos sistemas públicos de transporte. Sendo que este público em grande maioria irá manter a preferência por transportes coletivos, ou seja, ônibus, ao invés de transportes individuais.

Tabela 4-5 - Migração entre modais de transporte

DADOS GERAIS	Complementar	Valor
Migração de passageiros	Migração do Metrô para Carros que utilizam Gasolina Comum	12,59%
	Migração do Metrô para Carros que utilizam Etanol Hidratado	5%
	Migração do Metrô para Ônibus	79%
	Migração do Metrô para Motocicletas que utilizam Gasolina Comum	3,58%

Fonte: Estudo OD BH (2012)

Em relação a carros e motocicletas, para se verificar quantas unidades de cada veículo foram reduzidas deve-se considerar quantos passageiros cada carro e cada moto transportaria por ano, em média. Para realizar esta estimativa foi considerada a taxa média de ocupação de cada um destes veículos (CET 2019, 'Mobilidade no Sistema Viário Principal Volumes e Velocidades').

Um carro transporta 1,43 passageiros em média por viagem, o qual em uma jornada de ida e volta transporta por dia 2,86 passageiros (ou potenciais viagens de passageiros nos trens); multiplicando este valor pelos 293 dias úteis típicos no ano, tem-se que cada carro transporta 838 passageiros por ano. O racional é análogo para motocicletas.

Tabela 4-6 - Volume de passageiros transportados por ano por modo de transporte

Dado de entrada	Detalhamento	Referência	Ano	Valor
Passageiros transportados/ano (Volume de passageiros transportados anualmente por tipo de veículo)	Carro (Gasolina Comum)	Cálculo interno	2019	838 pax/ano
	Carro (Etanol Hidratado)	Cálculo interno	2019	838 pax/ano
	Ônibus (Diesel)	BHTrans	2018	128.744,95 pax/ano
	Moto Gasolina Comum	Cálculo interno	2019	668 pax/ano
Proporção de uso de combustível entre carros	Carros (Gasolina Comum)	Systra	2019	72,13%
	Carros (Etanol Hidratado)	Systra	2019	27,87%
Taxa média de ocupação veicular (passageiros transportados por viagem)	Carro	CET	2019	1,43 pax/carro
	Moto	CET	2019	1,14 pax/moto

Fonte: CET (2019), BHTrans (2018) e Consórcio GPO-SYSTRRA-CESCON-RHEIN (2021)

No caso dos ônibus urbanos, foram considerados dados da BH Trans relativos a 2018, divulgados no 'Relatório de Março / 2021 - Gerência de Controle, Estudos Tarifários e Tecnologia' e dados da Gerência de Controle Estudos Tarifários e Tecnologia (GCETT), 'Relatório Gerencial: Sistema de transporte por ônibus Convencional e BRT de BH - Resultados Operacionais Janeiro 2019' (2019), para verificar a quantidade total de passageiros transportados por ônibus e a quantidade de ônibus presentes na frota do mesmo ano e assim se estabelece a relação de quantos passageiros em média são transportados por ônibus por ano, e quantos ônibus são reduzidos devido à preferência deste público pelo uso do metrô.

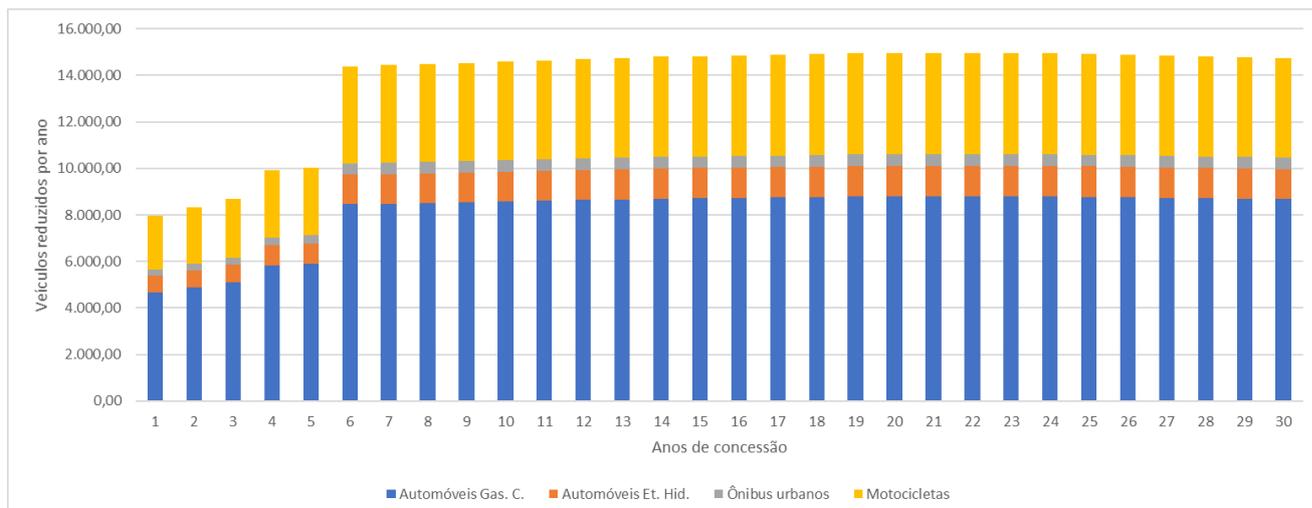
Tabela 4-7 - Volume de passageiros transportados por ano por modo de transporte

Dado	Detalhamento	Referência	Valor
Passageiros_2018	Total de passageiros transportados por ônibus em 2018	BHTrans	372.716.644
Frota de ônibus	Volume da frota de ônibus em 2018	GCETT	2.895
Pax/ônibus.ano	Quantidade média transportada por ônibus anualmente	Cálculo interno	128.745

Fonte: BH Trans (2018), GCETT (2018) e Consórcio GPO-SYSTRRA-CESCON-RHEIN (2021)

Verifica-se a diminuição de carros, motos e ônibus circulantes pela preferência do uso do metrô, segundo mostrado no Gráfico 4-7:

Gráfico 4-7 - Veículos reduzidos/ano



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Emissão de poluentes por veículo:

Como etapa seguinte para avaliar a redução de poluentes evitados pelo uso do metrô, deve-se associar a cada unidade veicular sua taxa anual de emissão de poluentes (NOx, MP, SO₂ e COV).

Para tanto, foi utilizado como referência estudos da CETESB (2019) ‘Emissões Veiculares no Estado de São Paulo’, que consolida o tamanho das frotas de veículos no estado de São Paulo em 2019 e as quantidades totais emitidas de poluentes, por veículo e combustível utilizado.

Tabela 4-8 - Volume total de frotas por categoria de veículo e tipo de combustível consumido em 2019 no Estado de São Paulo

Categoria		Combustível	Veículos
Automóveis		Gasolina C	2.471.472
		Etanol Hid.	180.593
		Flex-fuel	7.702.530
Comerciais Leves		Gasolina C	464.581
		Etanol Hid.	17.096
		Flex-fuel	955.640
Caminhões	Semileves	Diesel	31.147
	Leves		103.835
	Médios		59.984
	Semipesados		113.252
	Pesados		132.085
Ônibus	Urbanos	Diesel	63.337
	Micro-ônibus		15.593
	Rodoviários		28.513
Motocicletas		Gasolina C	1.772.646
		Flex-fuel	777.231
Total			15.384.201

Fonte: ‘Emissões Veiculares no Estado de São Paulo’ CETESB (2019)

Tabela 4-9 - Volume total de poluentes emitidos por categoria de veículo e tipo de combustível consumido em 2019 no Estado de São Paulo

Categoria	Combustível	Emissão por poluente (t)					
		CO	NO _x	MP (1)	SO ₂ (2)	COV	
Automóveis	Gasolina C	72.014	9.607	42	108	14.763	
	Etanol Hidratado	19.225	1.536	nd	nd	3.724	
	Flex-gasolina C	25.955	2.600	41	112	8.264	
	Flex-etanol hidratado	63.184	4.861	nd	nd	17.092	
Comerciais Leves	Gasolina C	12.910	1.355	8	29	2.482	
	Etanol Hidratado	1.606	142	nd	nd	317	
	Flex-gasolina C	4.071	467	6	22	1.366	
	Flex-etanol hidratado	10.718	869	nd	nd	2.662	
Caminhões	Diesel	Semileves	367	1.960	87	32	113
		Leves	1.692	9.291	355	157	475
		Médios	1.122	6.295	294	93	343
		Semipesados	7.193	43.282	1.105	877	1.527
		Pesados	7.406	46.491	1.065	877	1.720
Ônibus	Diesel	Urbanos	3.198	16.140	408	20	610
		Micro-ônibus	245	1.300	31	2	49
		Rodoviários	1.622	9.645	270	169	407
Motocicletas	Gasolina C	57.881	2.028	127	20	7.318	
	Flex-gasolina C	4.385	248	21	5	549	
	Flex-etanol hidratado	2.853	144	nd	nd	434	
Total		299.118	164.869	4.148	2.712	64.589	

Fonte: 'Emissões Veiculares no Estado de São Paulo' CETESB (2019)

E assim, se enquadra a relação de poluentes emitidos por tipo de veículo e combustível consumido, em horizonte anual, para o Estado de São Paulo em 2019:

Tabela 4-10 - Volume de poluentes emitidos por tipo de veículo e combustível (toneladas por tipo de gás)

CATEGORIA	COMBUSTÍVEL	QTDDE VEÍCULOS	Emissão total de poluentes/tipo de veículo e combustível (ton/gás)			
			NO _x	MP	SO ₂	COV
Automóveis	Gasolina Comum	2.471.472	9.607	42	108	14.763
Automóveis	Etanol Hidratado	180.593	1.536	0	0	3.724
Ônibus urbanos	Diesel	63.337	16.140	408	20	610
Motocicletas	Gasolina Comum	1.772.646	2.028	127	20	7.318

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Agora, conciliando os dados de frota e volumes de poluentes emitidos, pode-se gerar uma taxa média de emissão de poluentes por tipo de veículo e combustível utilizado pelo mesmo, representados na tabela a seguir:

Tabela 4-11 - Volume de poluentes emitidos por cada unidade veicular (toneladas por tipo de veículo)

CATEGORIA	COMBUSTÍVEL	Emissão de poluentes por veículo (ton/1 veículo)			
		NO _x	MP	SO ₂	COV
Automóveis	Gasolina Comum	0,003887	0,000017	0,000044	0,005973
Automóveis	Etanol Hidratado	0,008505	0,000000	0,000000	0,020621
Ônibus urbanos	Diesel	0,254827	0,006442	0,000316	0,009631
Motocicletas	Gasolina Comum	0,001144	0,000072	0,000011	0,004128

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Custo por tonelada de poluentes emitidos por veículo:

Por fim, definidos a quantidade de veículos por categoria e tipo de combustível consumido e as taxas de poluentes emitidos, basta utilizar um custo social por tonelada de poluentes emitidos. Para esta conversão monetária foi utilizado como referência o portal britânico 'Air quality appraisal: damage cost guidance' do Department for Environment Food & Rural Affairs, atualizado em março de 2021.

Os custos de cada tipo de poluente indicado em libras esterlinas por tonelada são indicados abaixo:

Figura 4-5 - Custos sociais por tonelada de emissão de poluentes (libras por tonelada)

Pollutant emitted	2020 Damage costs (£/t) National averages (2017 prices) Latest figures
NOx	6,385
SO2	13,206
NH3	7,923
VOC	102
PM2.5	73,403

Fonte: 'Air quality appraisal: damage cost guidance' do Department for Environment Food & Rural Affairs (2020)

Para equivalência de moedas, foi utilizada conversão do valor da libra esterlina em real brasileiro no ano de 2021 em R\$ 7,56/libra. E assim, obtém-se o custo de emissão de poluentes por unidade e categoria veicular:

Tabela 4-12 - Custos sociais por unidade veicular (R\$ por unidade de cada tipo de veículo)

CATEGORIA	COMBUSTÍVEL	Custo de emissão de poluentes por veículo (R\$/veículo)			
		NOx	MP	SO ₂	COV
Automóveis	Gasolina C.	R\$ 187,61	R\$ 9,43	R\$ 4,30	R\$ 4,61
Automóveis	Etanol Hidratado	R\$ 410,50	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 15,90
Ônibus urbanos	Diesel	R\$ 12.299,0	R\$ 3.574,22	R\$ 31,09	R\$ 7,43
Motocicletas	Gasolina C.	R\$ 55,22	R\$ 39,75	R\$ 1,11	R\$ 3,18

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

A tabela 4-12 multiplica os volumes reduzidos de cada tipo de veículo para a estimativa do benefício de poluentes que estão sendo deixados de ser emitidos, pelo uso do metrô pelos passageiros considerados no estudo de demanda.

Para ilustrar a natureza do cálculo considere a Tabela 4-13, nela é indicada o custo evitado no primeiro ano de concessão para automóveis que utilizam Gasolina Comum, por tipo de poluente. O cálculo análogo foi feito para os demais tipos de veículos considerados (automóveis que utilizam etanol hidratado, ônibus urbanos e motocicletas) para cada ano da concessão.

Tabela 4-13 - Custos sociais por unidade veicular (R\$ por unidade de cada tipo de veículo)

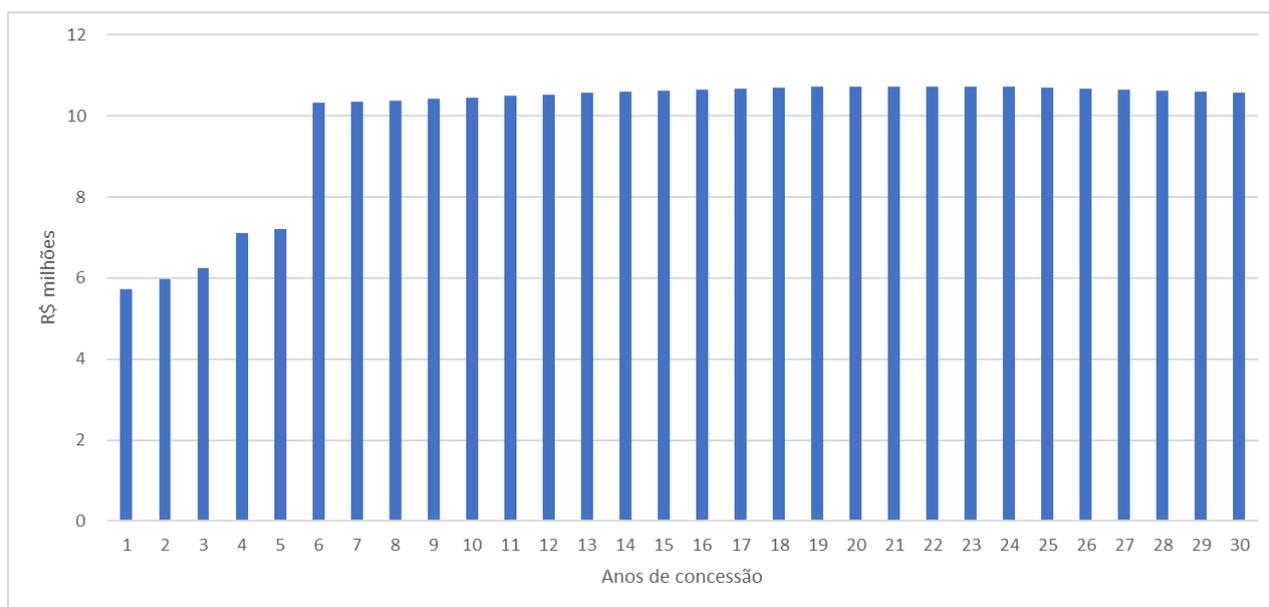
Ano 1 da concessão			
Poluentes	Custo/veículo	Automóveis (Gasolina Comum)	Custos reduzidos
CO	R\$ -	4.688	R\$ -
Nox	R\$ 187,61	4.688	R\$ 879.432,43
MP	R\$ 9,43	4.688	R\$ 44.199,45
SO2	R\$ 4,30	4.688	R\$ 20.169,20
COV	R\$ 4,61	4.688	R\$ 21.588,80
NH3	R\$ -	4.688	R\$ -

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

4.1.2.3. Cálculo do Benefício

Os benefícios gerados pela redução de veículos emissores dos gases NOx, MP, SO₂ e COV representam um ganho social de R\$ 5,7 milhões no primeiro ano de concessão, chegando a R\$ 10,3 milhões no sexto ano e seguindo em montante econômico similar até os anos seguintes do período de concessão.

Gráfico 4-8 - Benefícios gerados por redução na emissão de poluentes (NOx, MP, SO₂ e COV)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Figura 4-6 – Sumarização dos ganhos sociais pela redução de poluentes atmosféricos

Benefício	Ano da concessão	Benefício absorvido
 Redução de poluentes atmosféricos	1º	R\$ 5.716.993
	16º	R\$ 10.651.171
	30º	R\$ 10.577.743

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

4.1.3. Redução de emissão de gases efeito estufa

Em relação ao benefício social oriundo da redução de gases efeito estufa será utilizada uma lógica de monetização análoga aos poluentes atmosféricos. Pensando no benefício social e ambiental gerado, é considerado o aspecto que os veículos podem emitir em sua combustão, gases estufa na atmosfera gerando impacto em ordem mundial devido à escala do dano causado influenciando no agravamento do chamado efeito estufa.

Assim como destacado no ‘Guia Prático de Análise Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura’ (2020), divulgado pelo Ministério da Economia, os impactos de mudança climática ocupam uma posição de destaque na avaliação de externalidades pois:

- a mudança climática é questão global, logo o impacto das emissões independe do local onde ocorrem;
- gases estufa, especialmente o dióxido de carbono (CO₂), mas também o óxido nitroso (N₂O) e o metano (CH₄) possuem longos períodos de vida na atmosfera, de forma que as emissões atuais contribuem para impactos no futuro distante;
- os impactos de longo-prazo de emissões continuadas de gases-estufa são difíceis de prever, mas potencialmente catastróficos;
- a evidência científica sobre as causas e tendências futuras da mudança climática está se tornando cada vez mais consolidada. Em particular, os cientistas já atribuem probabilidades a cenários de temperatura e impactos sobre o meio-ambiente associados a diferentes níveis de estabilização de gases estufa na atmosfera.

4.1.3.1. Metodologia de Cálculo

Seguindo ainda o indicado no Guia Prático do Ministério da Economia, a quantificação e posterior monetização deste benefício social e ambiental se dá pela conversão equivalente de poluentes para o gás CO₂ (dióxido de carbono) que se baseia, em parte, na metodologia de “Pegada de Carbono” do Banco Europeu de Desenvolvimento (2018).

A avaliação deste benefício se dá por 3 etapas:

1. **Quantificação do volume de emissões adicionalmente emitidas, ou evitadas, sobre a atmosfera** devido ao projeto. As emissões são quantificadas com base em fatores de emissão projeto-específicos (ex. t-CO₂ por unidade de combustível queimado) e são expressas em toneladas por ano.
2. **Cálculo do total de emissões CO₂-equivalentes (CO₂e) utilizando Potenciais de Aquecimento Global (PAG).** Outros gases-estufa além do CO₂ são convertidos em CO₂e pela multiplicação do montante de emissões do gás específico pelo fator equivalente a seu PAG. Por exemplo, fazendo o PAG do CO₂ igual à unidade (=1), temos que o PAG do CH₄ e N₂O são 25 e 298 respectivamente, indicando que seu impacto sobre o clima é 25 e 298 vezes maior que o impacto do mesmo montante de emissões de CO₂. Nesta etapa serão verificadas as taxas de emissão equivalente de CO₂ por tipo de veículo motorizado, baseado na quantidade de veículos reduzidos devido a preferência dos passageiros pelo metrô;
3. **Avaliação da externalidade utilizando o custo unitário do CO₂-equivalente.** As toneladas totais de CO₂ são multiplicadas por um custo unitário expresso em R\$/ton. Recomenda-se utilizar os valores apresentados como referência no Guia Prático do ME, para o cenário de

referência, indo de R\$ 106 por tonelada em 2020 e então assumindo um aumento gradual até atingir R\$ 136 em 2040. Devido ao efeito generalizado do aquecimento global, não há diferença entre como e onde ocorreram emissões de gases estufa. Por essa razão, o mesmo custo unitário se aplica a todos os setores, regiões e projetos. Entretanto, o fator de custo depende da passagem do tempo, de modo que emissões em anos futuros terão impactos maiores que emissões hoje.

$$\text{Valor de redução de GEE}_i = \frac{(VP)_i}{(DM)_j} * (CO2eq.)_k * (VSEP)$$

Onde:

i – Indicação de cada ano referente ao período de concessão;

VP – Volume de passageiros transportados;

DM – Divisão modal estimada, representando os modos que seriam utilizados em um cenário de inexistência do metrô para o transporte dos passageiros;

j – Representa os modos utilizados no cenário *greenfield*;

CO2eq – Fator de conversão entre tipos de veículos e volume de CO₂ equivalente emitido por tipo de veículo;

k – Representa os diferentes tipos de veículos reduzidos, cada qual emitindo um certo volume de CO₂ equivalente;

VSEP – Valor Social de emissão de poluentes representa os custos por tonelada de poluentes emitidos na queima de combustíveis utilizados pelos modos alternativos de transporte.

4.1.3.2. Dados de Entrada

Para as etapas 1 e 2 indicadas na abordagem metodológica, é utilizado estudo da CETESB (2019) 'Emissões Veiculares no Estado de São Paulo', consolidando os dados de volume de frota e emissões equivalentes totais de CO₂ para o ano de 2019 no estado de São Paulo, com base na Tabela 4-8 apresentada anteriormente e na Tabela 4-14:

Tabela 4-14 - Emissão de CO₂ equivalente total em 2019 no Estado de São Paulo por categoria de veículo e combustível

Categoria		Combustível	CO _{2eq} (mil t)
Automóveis		Gasolina C	4.920
		Etanol Hidratado	12
		Flex-Gasolina C	5.069
		Flex-Etanol Hidratado	477
Comerciais Leves		Gasolina C	1.279
		Etanol Hidratado	1
		Flex-Gasolina C	979
		Flex-Etanol Hidratado	70
		Diesel	2.661
Caminhões	Semileves	Diesel	235
	Leves		1.331
	Médios		726
	Semipesados		6.813
	Pesados		7.897
Ônibus	Urbanos	Diesel	3.082
	Micro-ônibus		283
	Rodoviários		1.566
Motocicletas		Gasolina C	883
		Flex-Gasolina C	210
		Flex-Etanol Hidratado	nd
Total			38.495

Fonte: 'Emissões Veiculares no Estado de São Paulo' CETESB (2019)

Conciliando os dados das Tabelas 4-8 e 4-14 pode-se chegar em uma taxa anual média de emissão de CO₂ equivalente por tipo de veículo:

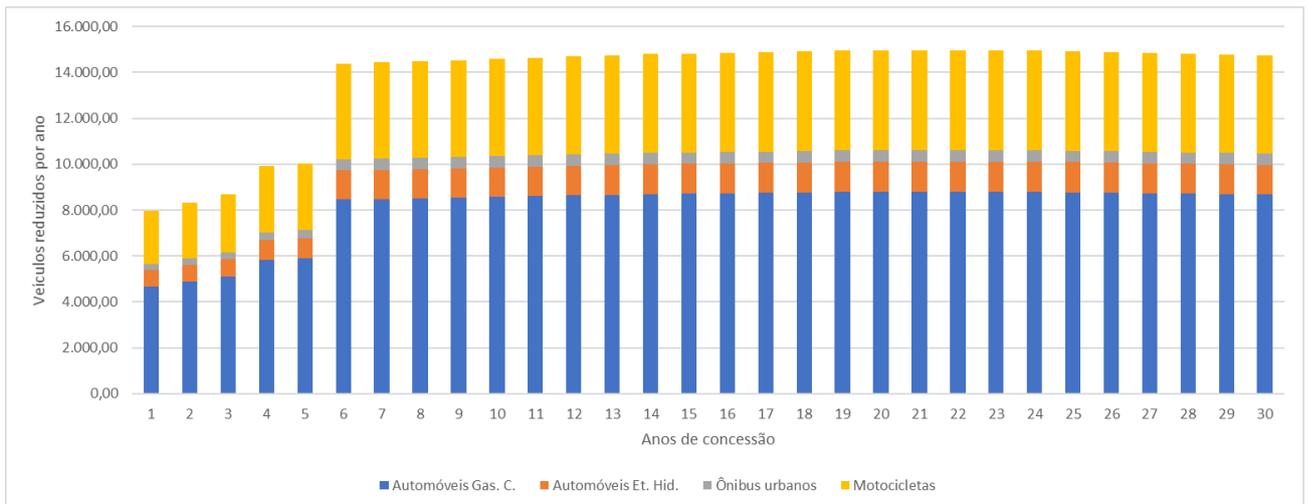
Tabela 4-15 - Emissão de CO₂ equivalente por unidade veicular por ano

CATEGORIA	COMBUSTÍVEL	Toneladas CO ₂ /veículo.ano
Automóveis	Gasolina Comum	1,99
Automóveis	Etanol Hidratado	0,07
Ônibus urbanos	Diesel	48,66
Motocicletas	Gasolina Comum	0,50

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

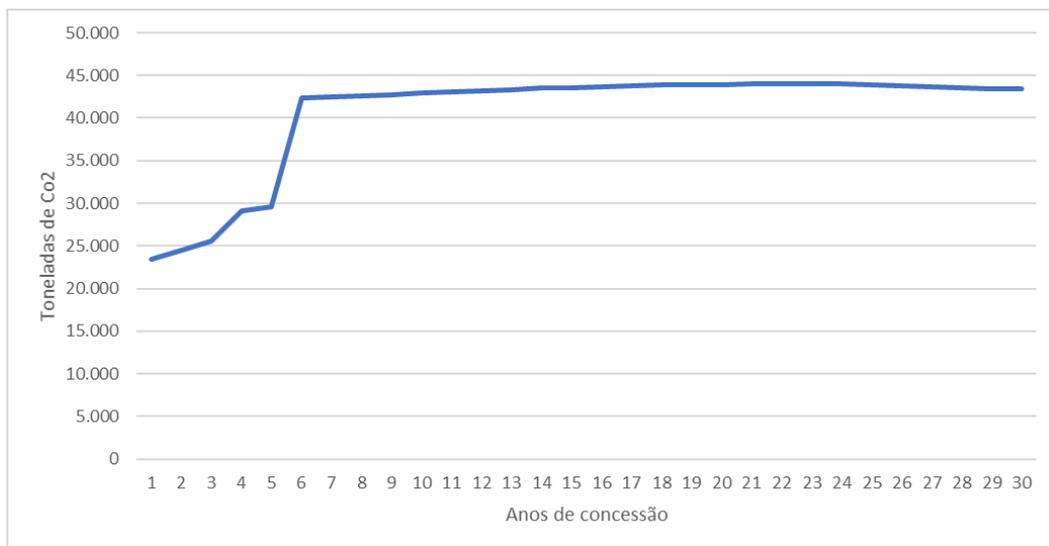
Agora, utilizando o resultado obtido anteriormente de veículos reduzidos pelo uso dos passageiros do metrô no Gráfico 4-9, pode-se chegar nos volumes em toneladas de CO₂ reduzidos anualmente.

Gráfico 4-9 - Veículos reduzidos por ano da concessão



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Gráfico 4-10 - Volume de CO₂ reduzido, em toneladas



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

No primeiro ano da concessão são reduzidas cerca de 23.000 toneladas de CO₂ para a atmosfera. Este valor de redução de emissão aumenta gradativamente até atingir a ordem de 43.000 toneladas do poluente, devido a preferência dos passageiros pelo uso do metrô.

Por fim, para monetização deste benefício é utilizada a tabela de referência apresentado no Guia Prático do ME, indicando os valores sociais por tonelada de CO₂ equivalente emitido, conforme abaixo seguindo o cenário indicado como 'Referência':

Figura 4-7 - Custo social para cada tonelada de CO₂ reduzida

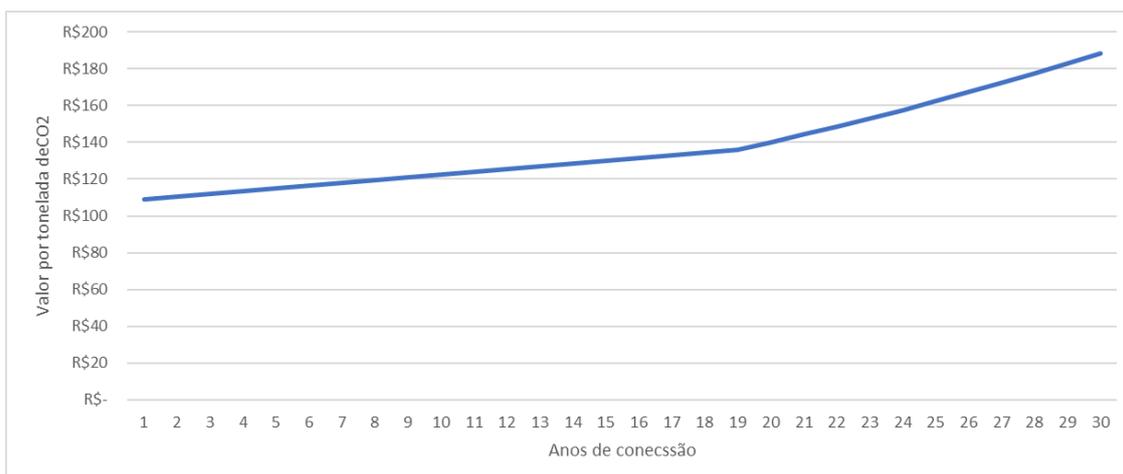
Cenário	Valor 2020 (R\$/t-CO ₂ e)	Adicional anual 2021-2040
Pessimista	169	3
Referência	106	1,5
Otimista	27	0,75

Fonte: ‘Guia Prático de Análise Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura’ Ministério da Economia (2020)

Atenta-se para o fato de que o custo social por tonelada de CO₂ sofre incrementos ao longo dos anos, e que seguindo a bibliografia recomendada no Guia Prático do ME, nas pesquisas de Nordhaus (2017) ‘Revisiting the social cost of carbon’ da Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, foi considerado que a partir do ano 2040 até 2056 haveria um incremento no valor social por tonelada de CO₂ de 3% ao ano, seguindo as recomendações de Nordhaus.

Dessa forma, os custos por tonelada de CO₂ ao longo dos anos se dá por:

Gráfico 4-11 - Evolução do preço social por tonelada de CO₂ reduzida

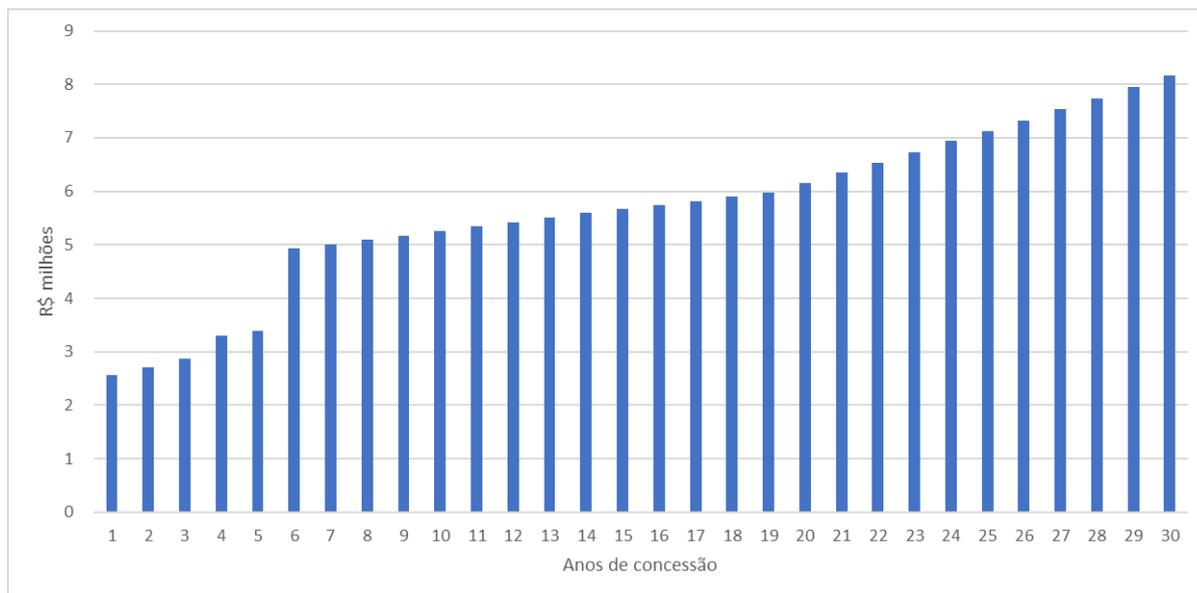


Fonte: ‘Revisiting the social cost of carbon’ da Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (2017) e ‘Guia Prático de Análise Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura’ Ministério da Economia (2020)

4.1.3.3. Cálculo do Benefício

Considerando todo os custos sociais por tonelada de CO₂ reduzidas, com os volumes do gás chega-se no valor monetizado do benefício socioambiental:

Gráfico 4-12 - Benefício social gerado pela redução de emissão de CO₂



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACECON-RHEIN, 2021

No primeiro ano da concessão observa-se um ganho de aproximadamente R\$ 2,5 milhões. Este valor cresce acompanhando as tendências de demanda do metrô e os preços sociais por tonelada de CO₂ reduzida, chegando em um benefício social de R\$ 5,7 milhões no 16º ano da concessão e R\$ 8,1 milhões no 30º ano.

De forma resumida, para os benefícios sociais das reduções de CO₂, considere a tabela a seguir:

Figura 4-8 – Sumarização dos ganhos sociais pela redução de gases efeito estufa

Benefício	Ano da concessão	Benefício absorvido
CO₂ Redução de gases efeito estufa	1º	R\$ 2.555.767
	16º	R\$ 5.744.534
	30º	R\$ 8.167.198

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACECON-RHEIN, 2021

4.1.4. Redução de acidentes de trânsito

Como já ressaltado em bibliografias de referência consultadas para construção da análise de custo benefício, tais como o ‘Guia Prático de Análise Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura’ divulgado pelo Ministério da Economia (2020), o ‘Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects’ da Comissão Europeia (2014) e o ‘Manual do Banco Interamericano de Desenvolvimento’ do BID (2006), a redução de acidentes é um benefício relevante para a sociedade, em vista tanto dos efeitos materiais relacionados a danos patrimoniais públicos e particulares e imateriais relacionados a danos morais e emocionais dos envolvidos nos acidentes.

Desta forma, a migração da população dos meios rodoviários, que passa então a preferir o uso do metrô, causa uma diminuição no volume de veículos transitando nas rodovias, gerando, assim, uma tendência a diminuir o volume de acidentes de trânsito nas ruas e estradas do sistema de mobilidade da RMBH.

4.1.4.1. Metodologia de Cálculo

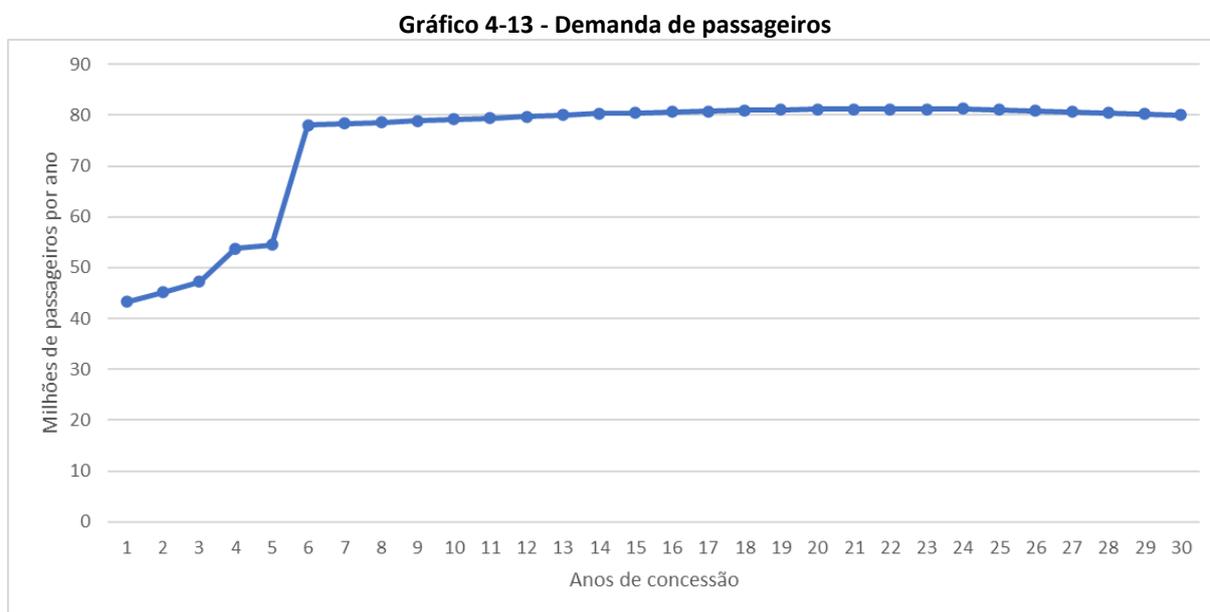
Para a aferição do benefício social oriundo da redução de acidentes serão considerados 4 passos:

1. Demanda de passageiros usuários do metrô, ao longo do período de concessão, baseado no estudo de demanda.
2. Equivalência de veículos reduzidos, devido aos passageiros que preferem utilizar o metrô, baseado nos cálculos intermediários já apresentado nos capítulos anteriores (4.1.2 e 4.1.3) para redução de poluentes atmosféricos.
3. Taxa de acidentes por tamanho de frota, baseado em estudo da BHTrans de 2019 ‘Informações Sobre Acidentes De Trânsito Com Vítimas No Município de Belo Horizonte – Ano 2019’
4. Monetização social: Custos de acidentes, baseado em publicação do IPEA em 2020 ‘Custos Dos Acidentes De Trânsito No Brasil: Estimativa Simplificada Com Base Na Atualização Das Pesquisas Do Ipea Sobre Custos De Acidentes Nos Aglomerados Urbanos E Rodovias’

Cada referência será detalhada à medida que os dados de entrada forem sendo apresentados.

4.1.4.2. Dados de Entrada

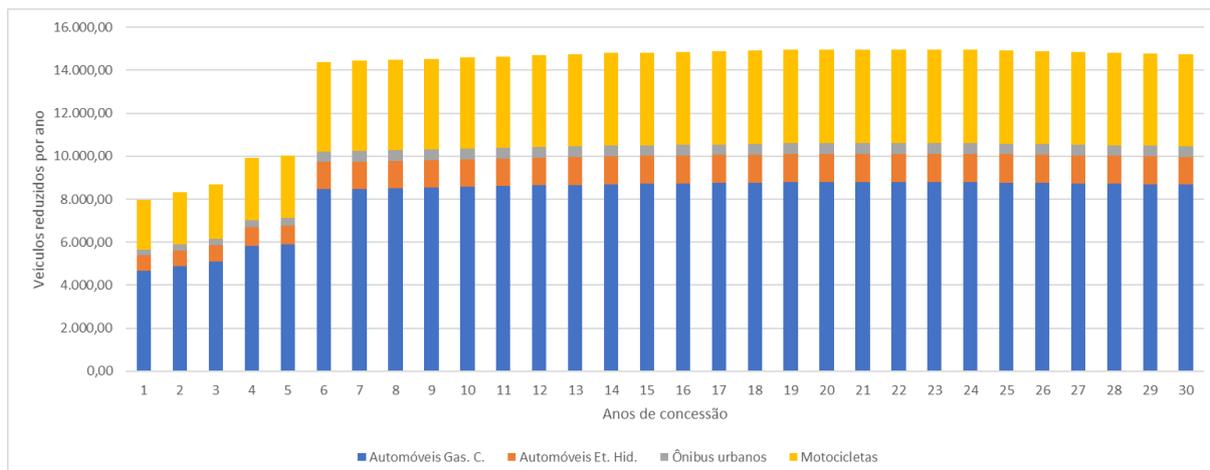
Seguindo a lógica de 4 passos apresentadas acima, considera-se inicialmente o fluxo de passageiros verificado no estudo de demanda:



Fonte: RT05: ‘Estudo de Demanda’ elaborado pelo Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Tomando como base essa demanda, foi analisada, com os cálculos previamente apresentados, a redução de veículos retirados do sistema de mobilidade:

Gráfico 4-14 - Veículos reduzidos/ano



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Seguindo a metodologia, para a estimativa de quantidade de acidentes, pode-se utilizar como referência o documento da BH Trans 'Informações Sobre Acidentes De Trânsito Com Vítimas No Município De Belo Horizonte – Ano 2019'. Esse apresenta um estudo do percentual das frotas de carros, motos e ônibus envolvidas em acidentes no ano de 2019 no município de Belo Horizonte:

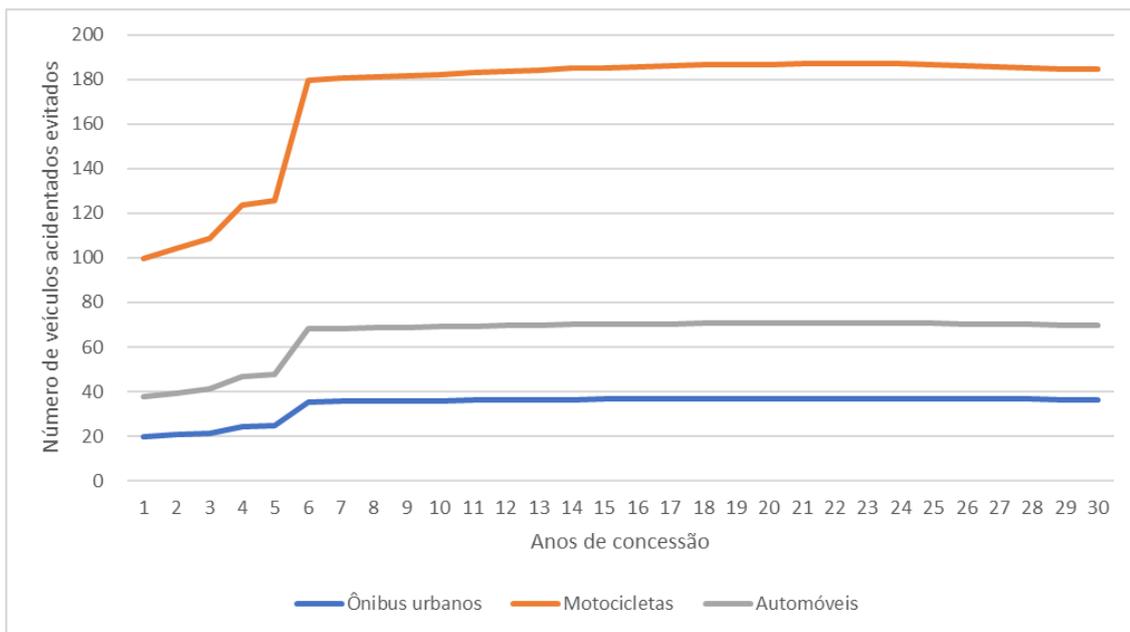
Tabela 4-17 - Porcentagem da frota envolvida em acidentes

CATEGORIA	ANO 2018	ANO 2019
AUTOMÓVEL/CAMIONETA	0,7%	0,7%
MOTO	3,8%	4,3%
ÔNIBUS/MICROÔNIBUS	7,3%	7,4%

Fonte: 'Informações Sobre Acidentes De Trânsito Com Vítimas No Município De Belo Horizonte – Ano 2019' BHTRANS (2019)

Aplicando os percentuais de frotas envolvidas em acidentes em 2019 nos volumes de veículos reduzidos, chega-se na quantidade estimada de veículos acidentados evitados:

Gráfico 4-15 - Estimativa de veículos acidentados evitados por ano



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Para uma visão de gravidade em relação aos tipos de acidentes estimados para cada veículo, utiliza-se como referência ainda o documento da BH Trans ‘Informações Sobre Acidentes De Trânsito Com Vítimas No Município De Belo Horizonte – Ano 2019’, que indica as proporções entre os tipos de acidentes ocorridos em Belo Horizonte:

Tabela 4-18 - Total de acidentes por gravidade em 2019 em Belo Horizonte

ANO/MÊS	ACIDENTES		VITIMAS				SEM FERIMENTO	TOTAL DE ENVOLVIDOS
	QTDE	%	NÃO FATAL	FATAL	NI	TOTAL		
2019/01	991	7,43	1179	8	44	1231	952	2183
2019/02	1028	7,70	1214	5	120	1339	890	2229
2019/03	1061	7,95	1230	10	114	1354	921	2275
2019/04	1124	8,42	1330	11	97	1438	1053	2491
2019/05	1239	9,29	1433	11	74	1518	1115	2633
2019/06	1173	8,79	1405	7	171	1583	988	2571
2019/07	1147	8,60	1364	7	73	1444	1035	2479
2019/08	1162	8,71	1374	5	84	1463	1076	2539
2019/09	1176	8,81	1376	9	83	1468	1056	2524
2019/10	1094	8,20	1311	12	118	1441	943	2384
2019/11	1097	8,22	1290	10	101	1401	976	2377
2019/12	1050	7,87	1259	10	114	1383	904	2287
TOTAL	13342	100	15765	105	1193	17063	11909	28972

Fonte: ‘Informações Sobre Acidentes De Trânsito Com Vítimas No Município De Belo Horizonte – Ano 2019’ BHTRANS (2019)

Assim, com base no histórico de 2019 dos acidentes ocorridos em Belo Horizonte, foi extraído um percentual que leva em consideração as gravidades de acidentes:

Tabela 4-19 - Cálculo de percentuais de acidentes, por gravidade

	COM FERIMENTOS			SEM FERIMENTOS	TOTAL ENVOLVIDOS
	Não fatal	Fatal	Não informado	Sem ferimentos	TOTAL_2019
Volume de vítimas	15.765	105	1.193	11.909	28.972
% por gravidade	54,41%	0,36%	4,12%	41,11%	100,00%

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Atribuindo os níveis e percentuais de gravidade de acidentes entre os volumes de veículos reduzidos ao longo de todo o período de concessão, tem-se:

Tabela 4-20 - Volumes de acidentes por tipo de veículo e gravidade

Veículos acidentados	Gravidade	% gravidade	Volume de veículos
Automóveis	Com fatalidade	0,36%	7
	Com vítimas	54,41%	1.067
	Sem vítimas	41,11%	806
Ônibus urbanos	Com fatalidade	0,36%	4
	Com vítimas	54,41%	556
	Sem vítimas	41,11%	420
Motocicletas	Com fatalidade	0,36%	19
	Com vítimas	54,41%	2.821
	Sem vítimas	41,11%	2.131

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Por fim, para a monetização de cada categoria de gravidade de acidentes, é utilizada a referência da publicação 'Custos Dos Acidentes De Trânsito No Brasil: Estimativa Simplificada Com Base Na Atualização Das Pesquisas Do Ipea Sobre Custos De Acidentes Nos Aglomerados Urbanos E Rodovias' do IPEA em 2020, a qual menciona os custos de acidentes referentes a dados de 2014:

Tabela 4-21 - Volumes de acidentes por gravidade

Gravidade do acidente	Quantidade de acidentes	Custo total (R\$ dez./2014)	Custo médio (R\$ dez./2014)
Com fatalidade	6.743	4.482.891.117	664.821,46
Com vítimas	62.346	6.031.838.004	96.747,79
Sem vítimas	98.158	2.306.592.728	23.498,77
Total	167.247	12.821.321.848	261.689

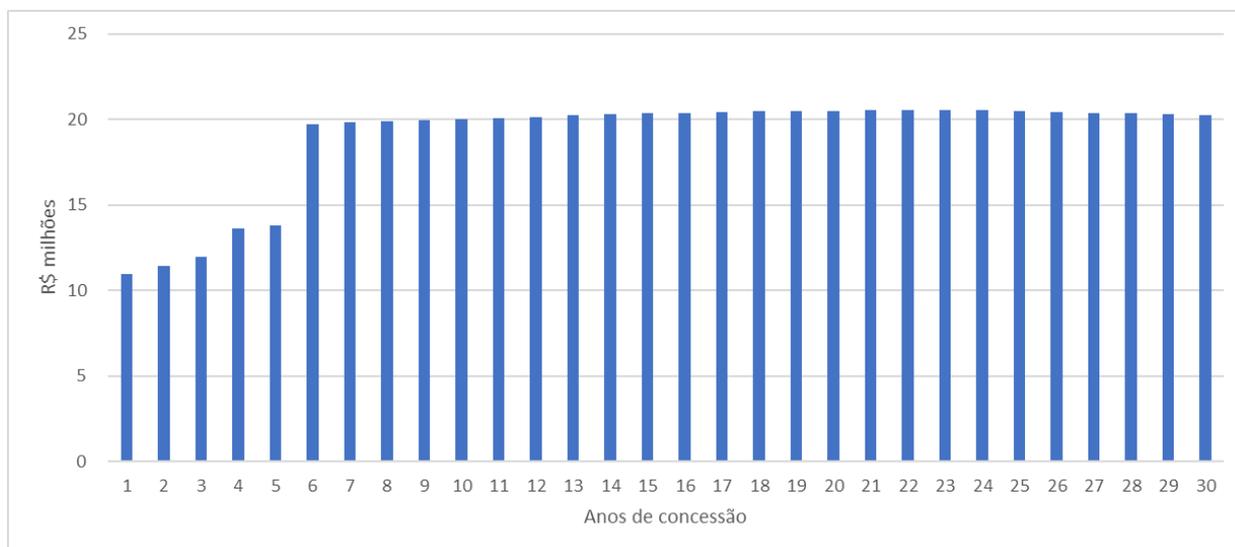
Fonte: 'Custos Dos Acidentes De Trânsito No Brasil: Estimativa Simplificada Com Base Na Atualização Das Pesquisas Do Ipea Sobre Custos De Acidentes Nos Aglomerados Urbanos E Rodovias' IPEA (2020)

Na Tabela 4-21 são indicados os custos médios por acidente de acordo com sua gravidade, utilizados para avaliar os custos sociais evitados por acidente.

4.1.4.3. Cálculo do Benefício

A consolidação dos benefícios gerados pela redução de acidentes nas vias públicas se apresenta segundo o Gráfico 4-16, a seguir:

Gráfico 4-16 - Custos evitados com redução de acidentes



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

No gráfico observa-se que no primeiro ano de concessão serão evitados pela sociedade uma perda monetária em acidentes de aproximadamente R\$ 10 milhões, valor que sobe em conjunto com a demanda de passageiros e consequente redução maior dos veículos nas vias urbanas, atingindo um ganho de R\$ 19 milhões no sexto ano da concessão e mantendo a importância até o final dos 30 anos considerados no presente estudo.

De forma sumarizada e com valores mais detalhados:

Figura 4-8 – Sumarização dos ganhos sociais pela redução de acidentes de trânsito

Benefício	Ano da concessão	Benefício absorvido
 Redução de acidentes	1º	R\$ 10.937.007
	16º	R\$ 20.376.649
	30º	R\$ 20.236.174

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

4.1.5. Redução com gastos de combustíveis

Ainda baseado no racional da redução de veículos tais como carros, ônibus e motocicletas nas vias urbanas pelo uso dos passageiros do metrô de Belo Horizonte, foi analisado o benefício gerado com a redução dos gastos com combustíveis que estes veículos teriam. Lembrando que os gastos energéticos

do metrô entram, pesando negativamente no VSPL, na conta de OPEX apresentada mais adiante nesse relatório.

4.1.5.1. Metodologia de Cálculo

Para aferir o ganho pela economia de combustíveis são considerados:

- Consumo médio de combustível por cada tipo de veículo.
- Quilometragem média percorrida por tipo de veículo de forma anual.
- Custo médio comercial por litro dos combustíveis utilizados pelos veículos (Gasolina Comum, Etanol Hidratado e Diesel).
- Volume total de combustível utilizado por cada tipo de veículo para cada ano.

4.1.5.2. Dados de Entrada

Para estimar o valor monetizado dos combustíveis reduzidos pela utilização do metrô, foram consultados os valores praticados comercialmente segundo portal da Agência Nacional do Petróleo (ANP) para abril de 2021 em Belo Horizonte:

Tabela 4-22 - Custos médios de combustíveis

Veículo	Combustível	Unidade	Custo/litro
Carro	Gasolina Comum	R\$/litro	R\$ 5,75
Carro	Etanol Hidratado	R\$/litro	R\$ 4,01
Ônibus	Diesel	R\$/litro	R\$ 4,37
Moto	Gasolina Comum	R\$/litro	R\$ 5,75

Fonte: Agência Nacional do Petróleo (ANP) dados de abril de 2021 em Belo Horizonte

Por meio de portais comerciais disponibilizados publicamente, foram tomados os rendimentos médios de alguns veículos populares para estimativa dos consumos de combustíveis utilizados pelos tipos de veículos considerados:

Tabela 4-23 - Rendimento médio do consumo de combustíveis

Veículo	Combustível	Referência	Rendimento km/l
Carro	Gasolina Comum	Chevrolet Onix 1.0	12,8
Carro	Etanol Hidratado	Chevrolet Onix 1.0	8,7
Ônibus	Diesel	Ônibus urbano	2,567
Moto	Gasolina Comum	Honda CG	41

Fonte: Portais comerciais

Por fim, foram estimados os valores de quilômetros percorridos, anualmente, por cada carro, moto e ônibus.

Para o cálculo das quilometragens dos ônibus, foi utilizado o documento público 'Estudo Econômico Do Sistema De Transporte Coletivo De Belo Horizonte: Cálculo Tarifário 2017', divulgado pelo 'Movimento Tarifa Zero BH', alimentado por dados da BH Trans.

Para este cálculo foi utilizado o valor de quilometragem mensal dos ônibus em Belo Horizonte referente a 2017:

Tabela 4-24 - Quilometragem da frota de ônibus de BH em 2017

Mês	Quilometragem
Janeiro	13.352.426
Fevereiro	11.863.118
Março	13.782.381
Abril	12.435.050
Maior	13.690.090
Junho	13.305.850
Julho	13.383.790
Agosto	13.666.383
Setembro	13.044.089
Outubro	13.402.513
Novembro	12.931.710
Dezembro	12.946.438

Fonte: 'Estudo Econômico Do Sistema De Transporte Coletivo De Belo Horizonte: Cálculo Tarifário 2017' Movimento Tarifa Zero BH (2017)

Conciliando a produção quilométrica percorrida pelo conjunto da frota, pode-se obter um valor médio de quilometragem por ônibus:

Tabela 4-25 - Cálculos de quilometragem média por ônibus em BH

Quilometragem anual da frota de ônibus (2017)	157.803.757	km/ano
Tamanho da frota de ônibus (2017)	2.862	Ônibus
Quilometragem/ônibus.ano	55.138	km/ônibus.ano
Quilometragem/ônibus.mês	4.595	km/ônibus.mês

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Para a quilometragem de carros foram utilizados dados de uma pesquisa elaborada pela Kelley Blue Book (KBB Brasil), plataforma especializada em precificação de automóveis, e divulgada na Gazeta do Povo em 11/04/2019, intitulada 'Pesquisa revela a média anual de km rodado de carro pelo brasileiro', indicando a quilometragem média anual de carros por estado:

Tabela 4-26 – Quilometragem anual média de carros por estado

ESTADO	KM
São Paulo	13.000
Alagoas	12.900
Minas Gerais	12.900
Amazonas	12.800
Santa Catarina	12.800

Fonte: KBB Brasil, divulgado pela Gazeta do Povo (2019)

Consolidando as quilometragens anuais médias, tem-se:

Tabela 4-27 - Cálculo de quilometragens médias anuais por tipo de veículo

Veículo	Unidade	Quilometragem anual média
Carro	Km/ano	12.900
Ônibus	Km/ano	55.138
Moto	Km/ano	12.000 ²

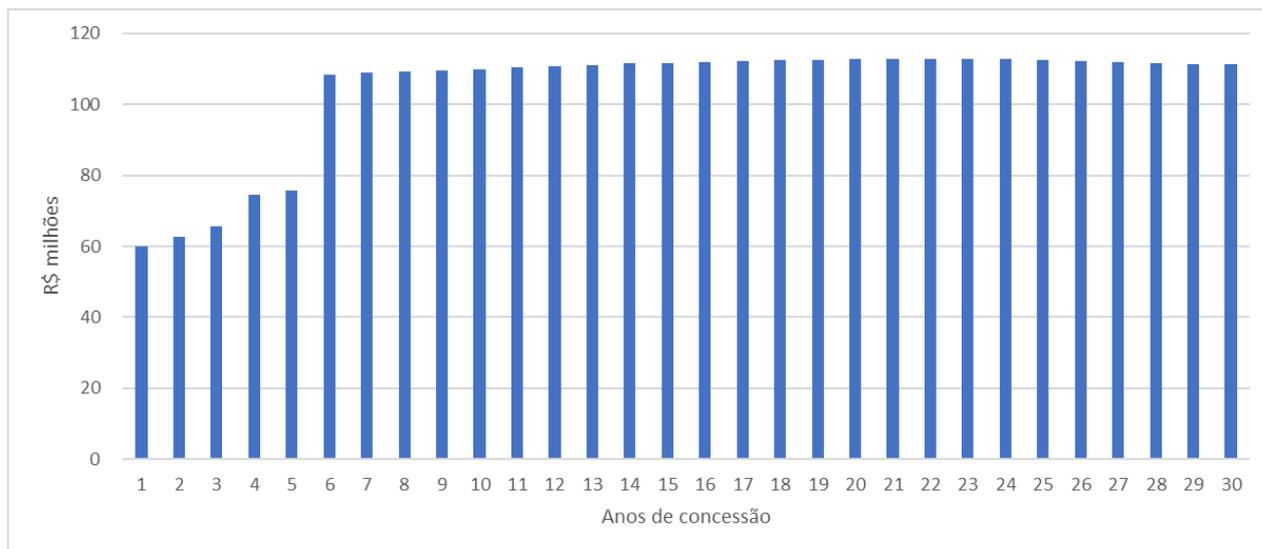
Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

4.1.5.3. Cálculo do Benefício

Os custos evitados pela redução de veículos decorrente do uso do metrô pelos passageiros, e consequente economia de combustível ao longo do período de concessão, são apresentados abaixo:

² Portal 'Diário Gaúcho' - <http://diariogauchoclicrbs.com.br/rs/dia-a-dia/noticia/2013/09/atencao-ao-comprar-uma-motocicleta-usada-4257378.html>

Gráfico 4-17 - Custos evitados com combustível



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Nos primeiros anos da concessão (1 a 5) se verifica um ganho de R\$ 60 milhões a R\$ 75 milhões no 5º ano. Este valor cresce a partir do sexto ano da concessão atingindo R\$ 108 milhões economizados de combustível pela população e mantendo esse patamar nos anos seguintes.

Para uma visão mais detalhada dos valores economizados com combustível no início, meio e final da concessão, considere o quadro abaixo:

Figura 4-9 – Sumarização dos ganhos sociais pela redução de combustíveis

Benefício	Ano da concessão	Benefício absorvido
 Redução no consumo de combustível	1º	R\$ 60.078.449
	16º	R\$ 111.931.665
	30º	R\$ 111.160.019

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

4.2. BENEFÍCIOS QUALITATIVOS

4.2.1. Redução de poluição sonora

Segundo o ‘Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects’ publicado pela Comissão Europeia (2014), a poluição sonora pode ser definida como o “som externo indesejado ou nocivo criado por atividades humanas, incluindo ruído emitido por meios de transporte, tráfego rodoviário, tráfego ferroviário, tráfego aéreo e de locais de atividade industrial”.

Este desconforto pode ser dado em função dos:

- incômodos que resultam em quaisquer restrições a realizar as atividades desejadas;

- efeitos negativos na saúde humana, por ex. risco de doenças cardiovasculares (coração e circulação sanguínea), que podem ser causadas por níveis de ruído acima de 50 dB (A).

Como as emissões de ruído têm impacto local, a magnitude do efeito está relacionada à distância do local da infraestrutura. Assim, quanto mais próximo do local do projeto, maior o desconforto da emissão de ruído.

O ganho social com a redução da poluição sonora é gerado pela redução de veículos circulando em certas regiões e o barulho causado pelo sistema de mobilidade urbana, uma vez que os efeitos da perturbação sonora podem impactar os aspectos de saúde diversos, tais como os danos cardiovasculares, distúrbios em momentos de lazer ou atividades comerciais. Esses podem inclusive causar desvalorização imobiliária, dependendo do grau de perturbação sonora, conforme indicado no documento 'Update of the Handbook on External Costs of Transport' da Transport and Environmental Policy Research (2014).

Entretanto, a medição do barulho causado é um grande desafio, uma vez que a intensidade do barulho varia conforme a distância das pessoas da fonte causadora e a própria percepção de desconforto de cada usuário. Além disso, os impactos negativos do barulho variam conforme o horário do dia e região. Por exemplo, em regiões residenciais o custo do barulho tende a ser maior em horários de lazer/descanso, enquanto em regiões comerciais o custo do barulho tende a ser maior nos horários comerciais.

De modo que a quantificação desse benefício se recomenda apenas em situações particulares. No caso do presente estudo, o benefício da redução causada pela diminuição de veículos circulantes (calculada na seção 4.1.2) estará muito disperso ao longo de uma área grande e, ainda que real, não deverá impactar o valor econômico total de forma relevante. Trata-se de um benefício adicional para a população, em especial as pessoas residentes em áreas próximas a rodovias e aos profissionais que exercem atividades comerciais nas ruas e avenidas do município de Belo Horizonte.

4.2.2. Universalização da acessibilidade às instalações e equipamentos do sistema de transportes

Entende-se que parte dos investimentos e gastos com manutenção das instalações e infraestrutura dos sistemas ferroviários geram um maior nível de acessibilidade, traduzido pelo 'Guia Operacional de Acessibilidade para Projetos de Desenvolvimento Urbano com Critérios de Desenho Universal', documento do BID (2004), como "o deslocamento de pessoas com severas dificuldades de mobilidade (caso dos usuários de cadeiras de rodas ou muletas), mas também facilita o deslocamento de pessoas com a mobilidade reduzida, como idosos, gestantes, famílias com crianças pequenas e em carrinhos, ou pessoas transportando malas e volumes".

As dificuldades de acesso ao sistema de mobilidade urbana se configuram por barreiras arquitetônicas e urbanísticas, causadas por precariedade estrutural, design não pensado na minoria idosa, gestante ou pessoas com deficiência. Irregularidades quanto ao cumprimento de legislações de zelo a este público se manifestam em condições de acesso ao metrô por ausência de elevadores, rampas ou facilitadores de locomoção, pensando em pontes de acesso ao sistema, e até em aspectos de uso dos equipamentos presentes em metrôs, como telefones de acesso em altura de difícil acesso a cadeirantes.

É indicado ainda, no documento acima citado, que atualmente existem evidências suficientes de que a inclusão social das pessoas com deficiência não é somente um tema de justiça social e um direito, mas também de custo-benefício socioeconômico. A inclusão no mercado de trabalho é a forma mais efetiva de reduzir a pobreza de crianças, jovens e adultos com deficiência, suas famílias e suas comunidades, o que evidencia que a falta de acesso ou dificuldades no uso de meios de transporte onera aspectos de integração de minorias ao mercado de trabalho, educação e capacitação e mesmo para atividades culturais.

Assim a melhoria na universalização da acessibilidade é vista claramente como um benefício percebido pela sociedade e espera-se que uma concessão nesse momento revitalize a infraestrutura nesse aspecto, a partir dos investimentos em reformas e modernizações da infraestrutura de estações e plataformas, contribuindo para a qualidade de vida das pessoas que se beneficiarão com a facilitação do uso do metrô.

4.2.3. Maximização do grau de inserção urbana do sistema de transporte

Para definir o conceito de inserção urbana pode-se utilizar a referência ‘Inserção urbana de habitação de interesse social: um olhar sobre mobilidade cotidiana e uso do solo’ do IPEA (2016), em que uma localidade apresenta um certo grau de inserção urbana baseado em alguns indicadores apresentados:

Tabela 4-28 - Indicadores de inserção urbana

Tema	Indicadores
1. Transporte	1. Opções de transporte: quantidade de itinerários diferentes de transporte público acessíveis.
	2. Frequência de transporte: frequência e período de operação das linhas de transporte público identificadas.
2. Oferta de equipamentos, comércio e serviços	3. Usos cotidianos: existência de creches públicas, escolas públicas de ensino infantil, áreas livres para lazer e recreação, mercados de alimentos frescos.
	4. Usos eventuais: existência de escola pública de ensino fundamental, ensino médio e/ou técnico, unidade de saúde com pronto atendimento, farmácias, área para práticas esportivas, supermercado, lotérica ou caixa eletrônico.
	5. Usos esporádicos: existência de hospital público, centro público administrativo, instituição de ensino superior, bancos.
3. Desenho e integração urbana	6. Relação com o entorno: porcentagem do perímetro do empreendimento ou dos empreendimentos contíguos, que é adjacente a um entorno efetivamente urbano.
	7. Tamanho das quadras: média do perímetro das quadras do empreendimento ou do conjunto de empreendimentos contíguos e de todas as quadras imediatamente adjacentes.
	8. Abertura para espaços públicos: número de acessos de pedestres para cada 100 m de divisas entre as áreas privadas do empreendimento ou empreendimentos contíguos e as vias públicas de circulação de pedestres.
	9. Rede de circulação para pedestres: análise da rede de circulação de pedestres dos empreendimentos avaliados e dos caminhos até os pontos de ônibus e/ou estações de acesso ao sistema de transporte.

Fonte: ‘Inserção urbana de habitação de interesse social: um olhar sobre mobilidade cotidiana e uso do solo’ IPEA (2016)

Pelo indicado nestas dimensões de análise, a inserção urbana se refere tanto à disponibilidade de modos de transporte, em sua diversidade e frequência, quanto a aspectos de desenvolvimento comercial e a ofertas de serviços nos entornos de cada bairro e comunidade. Em relação ao transporte, em especial se tratando do projeto de concessão, entende-se que as otimizações operacionais do metrô em Belo Horizonte possibilitarão uma locomoção mais eficiente de passageiros (refletido pelas estimativas de diminuição de tempo calculadas anteriormente), aumentando a vazão de passageiros que habitam em áreas periféricas de Belo Horizonte e facilitando seu acesso a áreas comerciais e culturais, contribuindo com o grau de inserção urbana. A nova Linha 2, além das melhorias na Linha 1, deve ter um papel relevante nesse sentido. De todo modo é considerado um benefício de difícil quantificação.

4.2.4. Aumento da população atendida pelo sistema de transporte

Em relação ao aumento puramente da população atendida pelo metrô em Belo Horizonte, entende-se que não configura necessariamente geração de valor e benefício percebido pela sociedade. Isso pois, em um cenário hipotético em que a impossibilidade do uso de rodovias e ruas poderia motivar transeuntes a utilizarem o metrô forçosamente, poderia gerar um fluxo que impacta no tempo em

translado dos passageiros e um fluxo exacerbado, impactando negativamente os usuários regulares do metrô. Entretanto, tomando a perspectiva que o sistema metroviário possibilita o transporte de um público crescente, mantendo um nível de operação eficiente, contribuindo com ganhos de tempo na jornada de deslocamento, com conforto e segurança a seus usuários, pode-se entender que o aumento da população usuária do metrô em Belo Horizonte corresponde a um efeito positivo sobre os serviços oferecidos pelo operador do transporte público.

O aumento da população atendida pelo metrô até o limite operacional da sua capacidade de atendimento contribuiria para a diminuição do tempo de deslocamento de seus usuários, mas à medida que essa capacidade é excedida por uma demanda de passageiros haverá impacto nos tempos de headway e deslocamento, fazendo com que não mais haja o mesmo grau de economia de tempo por seus usuários. E assim, neste tipo de situação em que existe sobrecarga da demanda, se prevê que o aumento da população atendida pelo metrô gera benefício até um limiar de atendimento e então a absorção de demanda por parte do metrô não gera um benefício irrestrito com o aumento da população atendida.

4.2.5. Migração do transporte individual motorizado para o sistema de transporte público coletivo

Analogamente ao indicador de 'aumento da população atendida pelo sistema de transporte' tratado anteriormente, apenas o movimento migratório por si só não representa um benefício percebido pela sociedade.

As causas e efeitos do comportamento migratório precisariam ser avaliados de forma a explicitar que a migração modal ainda constitui saldo em ganhos de tempo e eficiência para o público. Essa migração acaba sendo, pelo menos em parte, quantificada no indicador de ganho de tempo para o sistema de transportes como um todo. Além disso, a redução de carros e motos circulantes pela preferência no uso do metrô gera os impactos positivos como a diminuição de poluentes emitidos, custos evitados com combustíveis veiculares e poluição sonora.

4.2.6. Redução dos congestionamentos

Os congestionamentos, como indicado por Eduardo Vasconcellos no artigo 'O transporte urbano no Brasil' na Diplomatique em 2012, representam diversos efeitos negativos como o aumento na poluição ambiental, gasto energético por passageiro, diminuição da velocidade média de transportes (aumento do tempo de deslocamento) e repasse de custos extras aos usuários de transportes públicos.

Entretanto, entende-se que o fenômeno dos congestionamentos em si, apesar de contribuir e propiciar a ação de agressores ambientais, aumentar o tempo de deslocamento da população e mesmo onerar indiretamente em custos de outros transportes, não se configura como o próprio malefício a sociedade pois retém uma identidade de causador, e não dos efeitos que gera.

4.2.7. Redução dos gastos com operação e manutenção do sistema viário

Em um modelo de gestão mais eficiente, uma otimização de gastos operacionais e com manutenções do metrô contribui para uma queda de gastos públicos, que seria repassada à sociedade, fazendo com que o quociente de benefícios sobre custos (índice B/C) aumente, o que representa ganhos pela sociedade. Entretanto, a quantificação desse benefício é complexa e pode levar a questionamentos, caso se dependa desse fator para o projeto ter indicadores positivos em termos de benefícios sociais.

Outro aspecto que pode ser destacado desse benefício para a sociedade, de forma indireta, é a diminuição de custos com manutenção do sistema viário, pela redução do volume de veículos

trafegando por ruas e avenidas da região. Isso tende a aumentar o tempo de vida útil do sistema viários e diminuir custos de manutenção e operacionais (por exemplo, a operação de faixas reversíveis em horários de pico).

5. CÁLCULO DE OPEX E CAPEX

5.1. OPEX

5.1.1. Metodologia e organização geral

Para a estruturação dos dados de entrada que formam os custos e despesas operacionais (OPEX), foi realizada uma construção *bottom-up*, considerando cada uma das principais categorias do OPEX, e seus valores unitários e econômicos. Esses valores, por categoria, foram analisados em seu conjunto e extrapolados temporalmente em função dos fatores técnicos e operacionais que os impactam ao longo do tempo. Adicionalmente, foi analisado o conjunto das categorias, permitindo entender e estimar potenciais ganhos de eficiência em sua totalidade.

Foram utilizadas diferentes fontes de dados para realizar esses cálculos, incluindo: os dados de quantitativos e econômicos disponibilizados diretamente pela CBTU, o Estudo Técnico-Operacional (Relatório RT06), pesquisa em relatórios e bases de dados específicas, como junto ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED), além da experiência prévia e conhecimento dos técnicos do Consórcio.

Especificamente do RT06, foram utilizados dados operacionais, tais como quantidade de estações, extensão quilométrica, quantidade de frota operacional, de prontidão e reserva, produção quilométrica total, postos de operadores de trem, quantitativo de funcionários, consumo de energia de tração KWh/(trem x km) e consumo de energia de estações. Adicionalmente, são fatores relevantes a demanda total e anual por ano por estação (dados oriundos do RT05 – Estudo de Demanda) e os investimentos totais necessários, o CAPEX (calculado no RT06), fatores esses que impactam diretamente na construção do OPEX como será exposto na sequência.

No contexto desse relatório, foi considerado o cenário que inclui a Linha 1 com requalificação e expansão, por meio da construção da estação Novo Eldorado, associado à implantação da Linha 2, como sendo o de maior potencial de demanda. Nesse sentido, o OPEX foi estimado considerando inicialmente a operação da Linha 1, posteriormente o *ramp-up* e operação completa da Linha 2 com o consequente acréscimo de demanda em todo sistema ao longo do tempo.

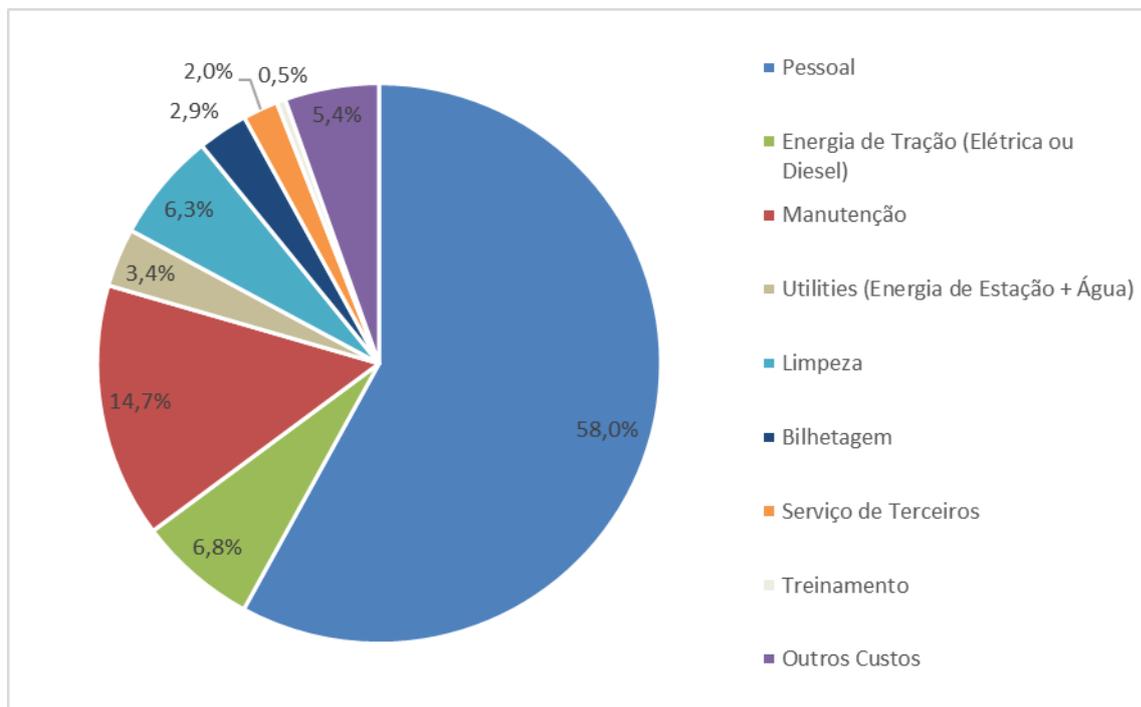
Foi considerado como modelo de negócio a operação privada considerando uma companhia concessionária nova e dedicada a operar o sistema, realizando o plano de investimentos previsto e associado ao CAPEX que será apresentado a seguir, e a operação da Linha 2 em conjunto com a Linha 1. Também foi considerada a utilização de pessoal próprio para execução da grande maioria das atividades da empresa, em especial todas aquelas consideradas essenciais para o negócio. Alguns contratos de fornecedores de serviços complementam as necessidades da operação privada.

A construção do OPEX foi organizada nas seguintes categorias:

- Pessoal;
- Energia de Tração (Elétrica e/ou Diesel);
- Manutenção;
- Utilities (Energia de Estação + Água);
- Limpeza;
- Bilhetagem;
- Serviço de Terceiros;
- Treinamento;
- Outros Custos (Serviço de Meio Ambiente, Aluguel de Veículos, Seguros e Garantias, Comunicação e Publicidade, Serviço de Saúde no Trabalho e Verificador Independente).

Antecipando os números macro por categoria, que depois serão detalhados, o Gráfico 5-1 apresenta as categorias com as suas representatividades estimadas para o ano 6 (pós *ramp-up*) de concessão:

Gráfico 5-1 – Representatividade das categorias do OPEX (ano 6)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

A seguir serão apresentadas as categorias com o racional de cálculo para cada uma delas, iniciando pela categoria mais relevante de Pessoal.

5.1.1.1. Pessoal

A categoria de pessoal é a mais representativa no OPEX desse estudo e foi dividida em 4 subcategorias, e essas analisadas para cada uma das linhas, Linha 1 e Linha 2, no seguinte formato:

- Diretoria: responsável pelo gerenciamento geral das duas linhas em conjunto;
- Três Gerências:
 - Implantação: responsável pela implantação dos novos investimentos que serão feitos, como construção de novas estações, atualização das máquinas e equipamentos, entre outros;
 - Operação: responsável por toda a parte operacional, sendo dividida nas áreas de Controle de Tráfego e Energia, Operação nas Estações e Operação nos Trens;
 - Manutenção: responsável pelo reestabelecimento, acompanhamento, controle e planejamento dos ativos presentes na empresa, bem como dos investimentos já efetivados, sendo dividida em Planejamento/Engenharia de Manutenção, Sistemas Elétricos e Eletromecânicos, Material Rodante, Via Permanente e Edificações e Obras.

Adicionalmente, para fins de dimensionamento de Pessoal, os Pátios foram entendidos como unidade operacional à parte e divididos nas seguintes áreas:

- Gerência: responsável pelo gerenciamento das atividades dos Pátios;

- Operação no Pátio: responsável pela manobra dos trens e estacionamento deles nos Pátios, e segurança;
- Operação no CCO: responsável por todo o controle operacional das duas linhas.

Por fim, a Administração Geral do Negócio foi dividida em duas grandes áreas:

- Presidência e Diretoria Geral: responsável pelos departamentos mais abrangentes, como Presidência, Departamento Jurídico, Engenharia do Trabalho, Ouvidoria e Departamento Comercial (Receitas Extraordinárias);
- Gerências de Apoio Administrativo/Financeiro: responsável pelos departamentos mais específicos, como Diretoria, Auditoria, QSSTMA (Qualidade, Segurança e Ambiente), RH/Saúde, Departamento de TI, Departamento Administrativo/Financeiro, Departamento de RH, e Departamento de Suprimentos e Estoques.

A partir dessa divisão em áreas, foram estabelecidas as diferentes funções necessárias para a gestão de cada uma delas, foi estimado um quantitativo e depois o salário-base para cada função. Para tanto foram utilizadas como referências, além dos estudos técnicos já citados: a tabela de vencimento básico para classe e níveis dos cargos da CBTU de maio de 2019 a abril de 2020, corrigido para março de 2021 utilizando o IPCA, relatório de consolidação dos custos de mão de obra do DNIT de março de 2021, sistema de custos referenciais de obras do DNIT para Minas Gerais de março de 2021, e a tabela salarial de algumas funções presentes no CAGED. Em cada uma das categorias a experiência de mercado dos técnicos do Consórcio foi utilizada para julgar a fonte de dados mais coerente a ser utilizada.

A Tabela 5-1 apresenta os salários-base para algumas funções:

Tabela 5-1 – Salário-base de algumas funções

Função	Salário-base (R\$)	Fonte
Diretor de Produção	42.709	CAGED
Engenheiro Sênior – Controle de Tráfego e Energia	13.560	DNIT
Engenheiro Pleno (Coordenador) – Operação nas Estações	10.307	DNIT
Agente de Operação – 3 Turnos	3.966	CBTU
Agente de Segurança de Estação	1.779	CAGED
Operador de Trem – Jornada de 6 horas	2.614	CBTU
Técnico de Reestabelecimento de Material Rodante	4.178	CBTU
Oficial Polivalente Noturno de Via Permanente	2.933	CBTU
Analista Financeiro Pleno	13.301	CBTU
Contador Sênior	10.150	DNIT

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

Ao salário-base obtido foram somados os encargos trabalhistas, benefícios e adicionais, resultando assim em um custo final por funcionário.

Os encargos trabalhistas considerados foram: FGTS, 13º Salário, Feriados, Férias, Aviso prévio, Auxílio-Doença/Licenças/Faltas Justificadas, Multa sobre FGTS/Rescisão Imotivada e Provisão de Processos Trabalhistas. Estes representam um valor total de 33,31% sobre o salário-base mensal dos funcionários.

Os encargos: Salário Educação (FNDE), Seguro de Acidente de Trabalho, SEST e SENAT, SEBRAE e INCRA não foram considerados, dada a premissa geral de correção fiscal adotada, em que os impostos que não retornam diretamente ao funcionário devem ser desconsiderados da análise.

Os benefícios considerados foram: Vale Alimentação/Refeição, Vale Transporte, Assistência Médica e Odontológica, Seguro de Vida, PLR. Também foram incluídos nessa conta valores com EPIs e Uniformes disponibilizados aos funcionários. Estes representam um valor total de R\$ 1.890,00 mensal para cada um dos funcionários.

Os adicionais considerados para os funcionários que possuem direito a eles, foram: Adicional Noturno no valor de 20% sobre o salário-base e Adicional de Periculosidade no valor de 30% sobre o salário-base.

Na sequência foram estabelecidos os racionais para quantificar a necessidade de Pessoal em cada subcategoria e função. Os racionais de algumas funções são exemplificados a seguir para o cálculo dos quantitativos de Pessoal, assim como foram explicitados no RT06.

Para a subcategoria de Manutenção das Linha 1 e 2, a fim de calcular os quantitativos ao longo do tempo foram utilizados dados operacionais como os números de estações, quantidade de frotas e extensão da via. Alguns exemplos ilustrativos utilizando cada um desses dados são apresentados na Tabela 5-2 para a Linha 1 no ano 6 da concessão:

Tabela 5-2 – Cálculo do Quantitativo do Técnico Eletrônico de Sistemas Elétricos e Eletromecânicos

Técnico Eletrônico	Valores
Número de Estações	21,0
Quantidade de Estações por Técnico	2,0
Turnos	1,0
Fator de cobertura - Escala 5x1 x 5x1	1,4137
Quantidade Total	15,0

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Por meio desse exemplo do Técnico Eletrônico, o racional para o cálculo de quantitativo é feito da seguinte forma: o número de estações é dividido pela quantidade de estações por técnico, obtendo os postos dos técnicos, que são multiplicados pelos turnos e pelo fator de cobertura, resultando assim no quantitativo de Técnicos Eletrônicos para a Linha 1 no ano 6 de concessão.

Tabela 5-3 – Cálculo do Quantitativo do Técnico de Manutenção Diurno de Material Rodante

Técnico de Manutenção Diurno	Valores
Frota	28,0
Quantidade de Trens por Técnico	8,0
Turnos	2,0
Fator de cobertura - Escala 5x2	1,1780
Quantidade Total	9,0

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

A partir desse exemplo do Técnico de Manutenção Diurno, o racional para o cálculo de quantitativo é feito da seguinte forma: o número de frota é dividido pela quantidade de trens por técnico, obtendo os postos dos técnicos, que são multiplicados pelos turnos e pelo fator de cobertura, resultando assim no quantitativo de Técnico de Manutenção Diurno para a Linha 1 no ano 6 de concessão.

Tabela 5-4 – Cálculo do Quantitativo do Oficial Polivalente Noturno de Via Permanente

Oficial Polivalente Noturno	Valores
Extensão	30,6
1 Posto a cada quantos km	2,0
Turnos	1,0
Fator de cobertura - Escala 5x1 x 5x1	1,4137
Quantidade Total	22,0

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

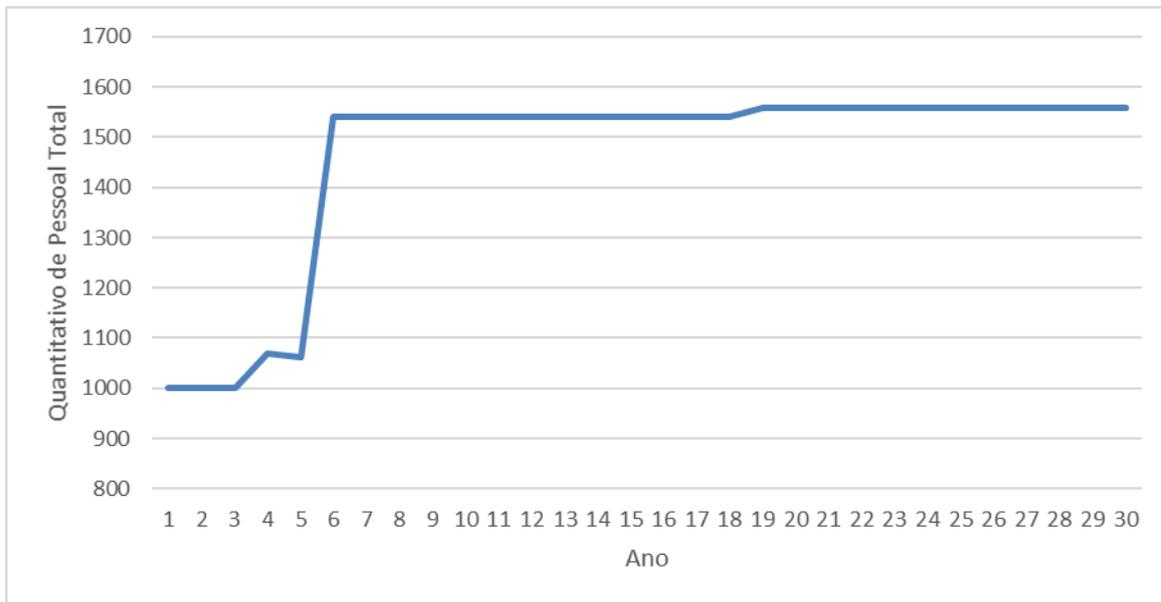
Utilizando esse exemplo do Oficial Polivalente Noturno, o racional para o cálculo de quantitativo se estabelece da seguinte forma: a extensão da via é dividida pela quantidade de quilômetros de via para 1 posto, obtendo os postos dos oficiais, que são multiplicados pelos turnos e pelo fator de cobertura, resultando assim no quantitativo de Oficial Polivalente Noturno para a Linha 1 no ano 6 de concessão.

Para a subcategoria de Operação das Linhas 1 e 2, a fim de calcular os quantitativos foi estabelecida uma divisão em estações pequenas, médias e grandes, e as funções de Supervisor de Estação, Agente de Operação, Agente de Segurança de Estação e Agente de Segurança Volante tiveram os seus quantitativos variando no tempo de acordo com o número de estações, utilizando turnos e o fator de cobertura.

Dentro de Operação, o racional para o cálculo do quantitativo de Operadores de Trem é diferente das demais funções, sendo feito com base na máxima ocupação de um trem, levando em consideração todos os dias da semana e feriados, os picos da manhã e tarde e o vale do dia e da noite. A partir dessa frequência é possível quantificar o número de trens necessários e o número de postos de operadores de trem com jornadas de 6 horas para as escalas (5 x 1 x 5 x 1) e (5 x 2). A escala (5 x 1 x 5 x 1) representa a base utilizada para cobrir os postos ao longo de toda semana, e a escala (5 x 2) é utilizada para funcionários que trabalham como reforço no horário de pico e apenas nos dias úteis.

Com todas essas premissas foi calculado o quantitativo para cada categoria e função. No Gráfico 5-2 é apresentado o quantitativo de Pessoal Total ao longo do tempo:

Gráfico 5-2 – Quantitativo de Pessoal Total ao longo do tempo

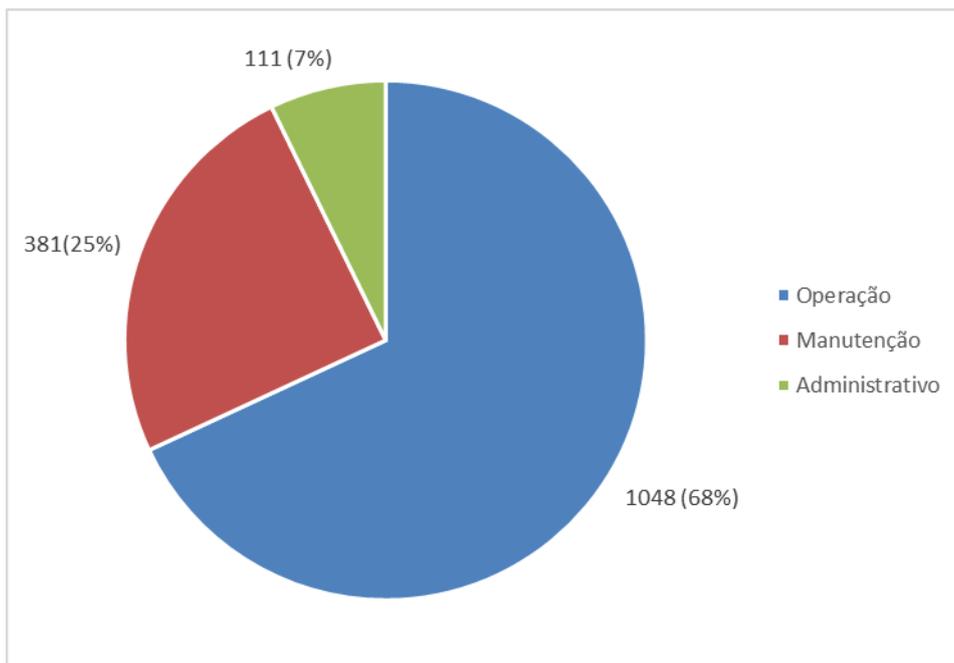


Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

Existe um acréscimo importante de pessoal a partir da entrada efetiva em operação da Linha 2, o que fica explícito no Gráfico 5-2 por meio do *ramp-up* que ocorre do ano 5 para o ano 6.

No Gráfico 5-3 é apresentado o quantitativo dos funcionários separado pelas grandes áreas em que atuam:

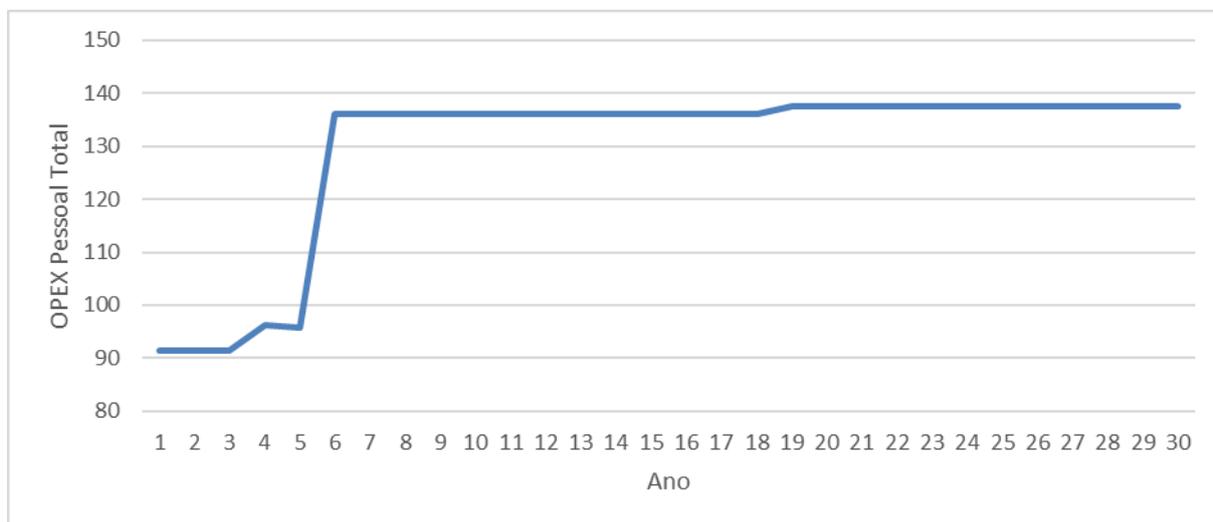
Gráfico 5-3 – Quantitativo de Pessoal separado pelas grandes áreas em que atuam (Ano 6)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

Com o custo final por funcionário e o quantitativo de Pessoal, ao multiplicar um pelo outro, é possível calcular o custo total de Pessoal considerando a operação toda ao longo do tempo, conforme Gráfico 5-4:

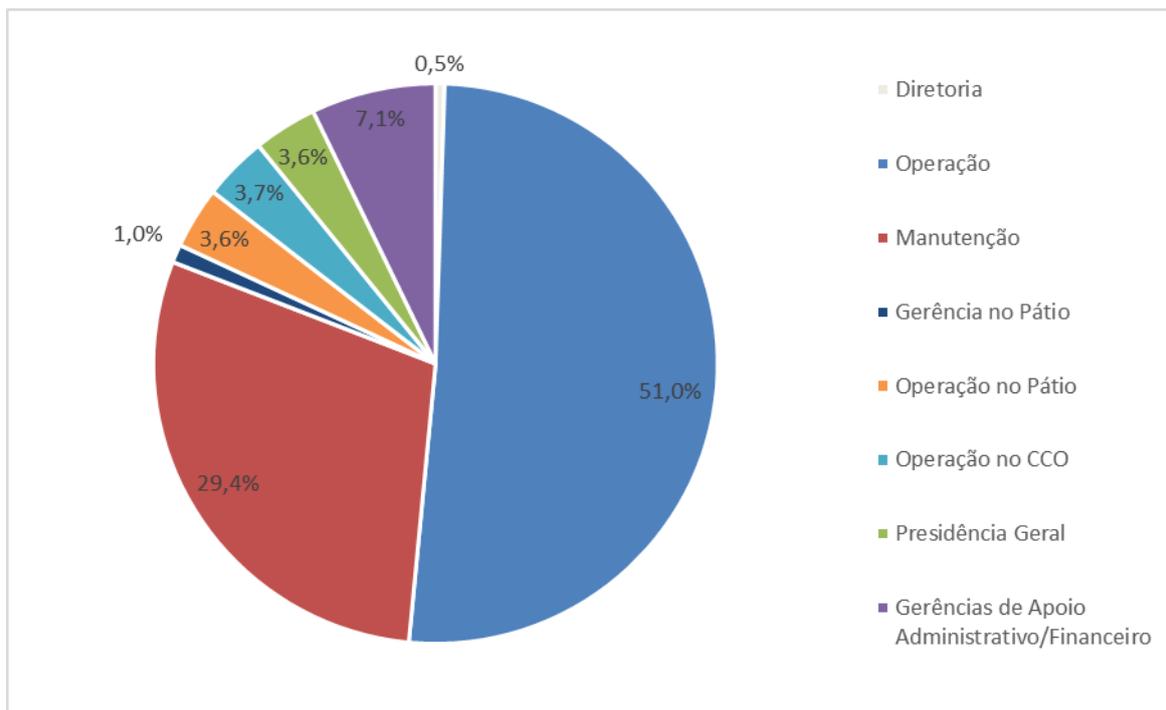
Gráfico 5-4 – OPEX de Pessoal Total ao longo do tempo (MM R\$)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

No Gráfico 5-5 é apresentada a representatividade dos custos das áreas das subcategorias de OPEX Pessoal para o ano 6 (pós ramp-up):

Gráfico 5-5 – Representatividade dos custos das áreas das subcategorias do OPEX de Pessoal (ano 6)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

As operações compõem a principal parte dos custos de Pessoal, que por sua vez é a principal parte do OPEX. Na sequência se destaca pessoal de manutenção, sendo importante lembrar que esse ponto está associado ao modelo de negócios escolhido de ter uma estrutura verticalizada e pessoal próprio nessa área, considerada estratégica para o negócio.

Ressalta-se que o modelo de negócios da companhia concessionária considera a utilização de pessoal próprio para execução da grande maioria das atividades da empresa, com alguns contratos de fornecedores de serviços que complementam as necessidades da operação privada.

Em relação ao pessoal terceirizado, será composto por profissionais contratados para os seguintes serviços: Limpeza, Tecnologia da Informação, Portaria de Pátios, Motorista, Instrutor para ministrar treinamentos, Meio Ambiente, Comunicação e Publicidade, e Saúde no Trabalho. Além desses, serão contratados profissionais para supervisão, que são representados pela categoria de Verificador Independente. Os gastos com pessoal terceirizado serão detalhados na sequência. Vale ressaltar que os demais profissionais foram considerados internamente na operação da companhia concessionária.

5.1.1.2. Energia de Tração

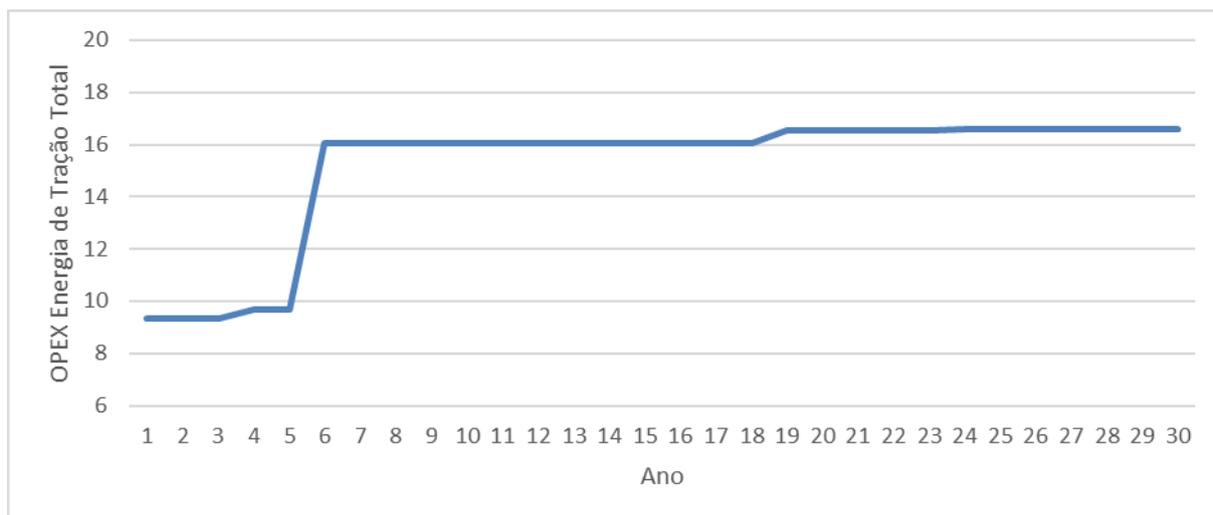
O OPEX de Energia de Tração foi calculado multiplicando-se a produção quilométrica total de cada uma das linhas pelo KWh/(trem x Km), obtendo o Consumo em KWh. Assim, multiplicando o Consumo pela tarifa em R\$/KWh, é possível obter o custo total da energia para a Linha 1 e a Linha 2.

Para o cálculo da Energia de Tração, foi utilizada a produção quilométrica ao longo dos anos de concessão, o KWh/(trem x km) foi calculado utilizando dados do ano de 2019 fornecidos pela CBTU/STU BH. Foi utilizada a tarifa de energia do contrato do benchmark da CPTM no mercado livre (Contrato BTG – CPTM – MAIO 2019) do período de 01/01/2024 a 31/12/2024, sem o ICMS, por conta da premissa de correção fiscal adotada nesse estudo de custo-benefício. Esse valor de tarifa sem ICMS no valor de 0,18 R\$/KWh foi considerado como constante ao longo de toda a concessão.

Ao valor da tarifa de energia no mercado livre foi somada a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) referente ao uso do sistema de distribuição de energia elétrica. Foi utilizado o valor de TUSD de R\$ 0,07/ KWh para alta tensão (138 kV) da concessionária local Cemig aplicado no período de outubro de 2020, que é o valor mais recente apresentado no site e considerado adequado para a realização desse cálculo, e sem o ICMS, por conta da premissa de correção fiscal adotada nesse estudo. Assim, a tarifa de energia final utilizada no cálculo da Energia de Tração foi de R\$ 0,25/ KWh.

No Gráfico 5-6 é apresentada a projeção ao longo do tempo do OPEX de Energia de Tração:

Gráfico 5-6 – OPEX de Energia de Tração Total ao longo do tempo (MM R\$)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

5.1.1.3. Manutenção

O OPEX de Manutenção foi dividido em três subcategorias: (i) Sistemas, (ii) Material Rodante e (iii) Via Permanente para as duas linhas.

Cabe ressaltar que em grande parte dessa categoria de OPEX foi considerado apenas o custo com material, uma vez que a mão-de-obra para realizar a manutenção foi contemplada dentro da categoria de pessoal, sendo considerada mão-de-obra terceirizada apenas para serviços especializados pontuais, que não serão realizados pelo pessoal interno. Lembrando da premissa do modelo de negócios a ser adotado pela companhia concessionária, com uma operação verticalizada nesse sentido.

5.1.1.3.1. Sistemas

Para a Manutenção de Sistemas, foram realizados estudos técnicos no RT06 referentes a Sinalização e CCO, Telecomunicações, Energia, Catenária, Sistemas Auxiliares e Veículos Auxiliares. Tendo essa parte técnica como referência e utilizando a experiência do Consórcio, optou-se por calcular a soma dos custos de manutenção de todos esses sistemas.

Para os sistemas de Sinalização, CCO, Telecomunicações e Energia, o custo de manutenção foi dividido nos itens: revitalização, reposição de sobressalentes e ferramentas especiais, e aquisição de materiais de consumo para sistema novo e antigo, e para cada um desses itens foi estimada uma quantidade de anos de reposições e aquisições necessárias ao longo dos 30 anos de concessão, que ao ser multiplicada pelo percentual do custo anual de cada sistema (verba para reposição e aquisição) resulta no custo total para cada um desses itens.

Para os sistemas de Catenária, Sistemas Auxiliares e Veículos Auxiliares, o custo de manutenção foi dividido nos itens: reposição e aquisição de ferramental/equipamento, custo geral com aquisição de materiais, e serviços terceirizados, e para cada um desses itens foi estimada uma quantidade de unidades necessárias ao longo dos 30 anos de concessão, que ao ser multiplicada pelo custo unitário de cada unidade, resulta no custo total para cada um desses itens. No caso específico das reposições, o custo é um percentual do custo de aquisição.

Ao somar o custo total de manutenção de todos esses sistemas, e dividir pela soma da quantidade de estações para toda a concessão, foi possível obter o custo médio anual de manutenção de sistemas por estação no valor de R\$ 0,22 milhões, que multiplicado pela quantidade de estações ao longo da concessão resulta no OPEX de Manutenção de Sistemas.

5.1.1.3.2. Material Rodante

Para a Manutenção de Material Rodante, foram realizados estudos técnicos no RT06 referentes a TUEs série 900, série 1000, TUEs novos, oficina de São Gabriel, oficina de Eldorado e manutenção geral. Tendo essa parte técnica como referência e utilizando a experiência do Consórcio, optou-se por calcular a soma dos custos de manutenção de material rodante.

A manutenção dos TUEs foi dividida em materiais e revisões gerais. Para calcular o custo de materiais foi utilizado o valor médio de manutenção cobrado pela TRAIL por carro/mês, com um fator de redução de 25% referente à emissão de nota fiscal e a um pequeno lucro, uma vez que a manutenção será feita pelo pessoal interno. Como não foi considerada a mão-de-obra presente no contrato, considerou-se um percentual de 57% de materiais, a partir da análise de alguns contratos de manutenção já realizados na CPTM, obtendo-se assim apenas o custo mensal de materiais, que ao ser multiplicado pela quantidade de meses, carros e anos, resulta no custo unitário de materiais para os 30 anos da concessão, o qual multiplicado pela quantidade de trens, obtém-se o custo total de materiais.

Para calcular o custo de revisões gerais foi utilizado o valor médio de manutenção cobrado pela TRAIL por trem de 8 carros anualmente, com um fator de redução de 25% referente à emissão de nota fiscal e a um pequeno lucro, uma vez que a manutenção será feita pelo pessoal interno, obtendo-se assim o custo unitário da revisão para os 30 anos de concessão, que ao ser multiplicado pela quantidade de revisões, resulta no custo total de revisões.

Para a manutenção da Oficina de São Gabriel e de Eldorado, foi estimado um custo anual com base no preço dos equipamentos de maior valor que estão instalados nas Oficinas. Na Oficina de Eldorado também foi considerado o custo de manutenção com reforma da ponte rolante de 15 T. E em manutenção geral, foi considerado o custo com consultoria internacional, considerando o valor referência de 15 diárias por ano de um consultor internacional.

Ao somar o custo total de todos esses tipos de manutenção de material rodante, e dividir pela soma da quantidade de frota patrimonial para toda a concessão, foi possível obter o custo médio anual de manutenção por TUE no valor de R\$ 0,75 milhões, que multiplicado pela quantidade de TUEs ao longo da concessão resulta no OPEX de Manutenção de Material Rodante.

Vale ressaltar também que todo material rodante necessário para o período de concessão será adquirido nos primeiros anos da mesma, conforme já explicitado na rubrica de CAPEX. Nem todos TUEs seriam necessários nesse primeiro momento de entrada da Linha 2 em operação, entretanto a compra em pacote é economicamente mais adequada em função de como se organiza o mercado de fornecimento de Trens. Seria mais custoso comprar, por exemplo, apenas 2 TUEs mais adiante no tempo. Nesse sentido já estarão disponíveis para uso 34 TUEs a partir do ano 6, porém até o ano 18, dois desses trens novos serão usados apenas como revezamento dos trens operacionais a fim de diminuir a quilometragem total rodada por TUE, diluindo assim a quilometragem em mais TUEs, e aumentando por consequência a vida útil deles. Os itens de manutenção em geral já consideram esse

racional dado que a base é a quilometragem rodada. Para cálculo de necessidade de pessoal próprio para manutenção optou-se por considerar 32 TUEs na frota patrimonial do ano 6 ao 18 para os cálculos de OPEX, pois o custo será o mesmo, visto que cada trem rodará menos, e a quilometragem total rodada será a mesma.

5.1.1.3.3. Via Permanente

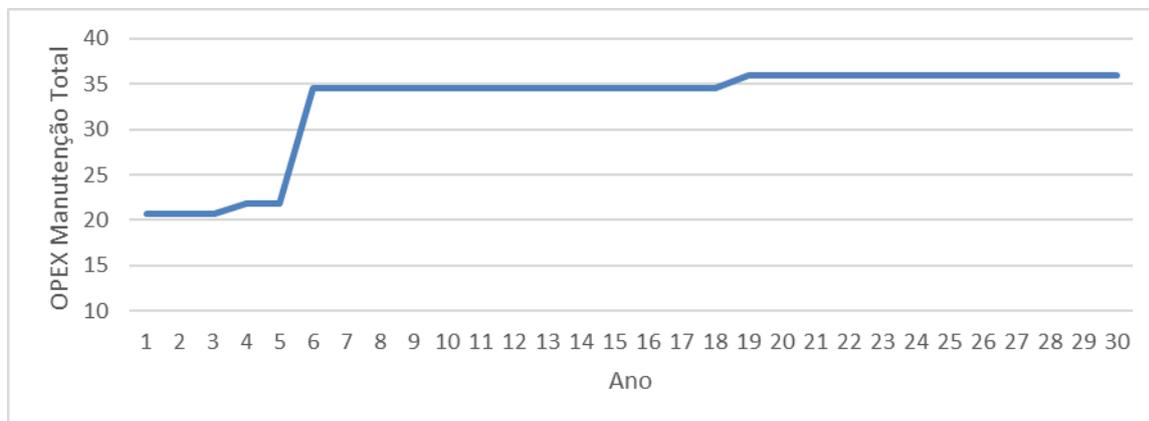
Para a Manutenção de Via Permanente foram realizados estudos técnicos no RT06 referentes a materiais da via corrida, soldagem e materiais do aparelho de mudança de via (AMV) para a Linha 1 sem extensão. Tendo essa parte técnica como referência e utilizando a experiência do Consórcio, optou-se por calcular a soma dos custos de manutenção de Via Permanente.

O custo de manutenção foi dividido nos itens a serem adquiridos/repostos, e para cada um desses itens foi estimada uma quantidade de unidades necessárias ao longo dos 30 anos de concessão, que ao ser multiplicada pelo custo unitário de cada unidade resulta no custo total para cada um desses itens.

Ao somar o custo total de manutenção de todos esses itens, e dividir pela soma das extensões quilométricas de via dupla para toda a concessão da Linha 1 sem extensão, foi possível obter o custo médio anual de manutenção por km de via dupla no valor de R\$ 0,11 milhões, que multiplicado pela quantidade de km de via dupla ao longo da concessão resulta no OPEX de Manutenção de Via Permanente.

No Gráfico 5-7 é apresentada a projeção ao longo do tempo do OPEX de Manutenção:

Gráfico 5-7 –OPEX de Manutenção Total ao longo do tempo (MM R\$)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

5.1.1.4. Utilities

O OPEX de Utilities foi dividido em energia de estação e gasto com água. Para a Linha 1, o custo da energia das estações para os 3 primeiros anos de concessão foi considerado como sendo igual ao praticado em 2019 pela CBTU/STU BH, pois as estações estarão com os sistemas novos avaliados nos estudos do RT06, efetivamente apenas a partir do quarto ano. Assim, a partir do ano 4 foi adotada a tarifa de energia do contrato do benchmark da CPTM no mercado livre (Contrato BTG – CPTM – MAIO 2019), sem o ICMS, por conta da premissa de correção fiscal adotada nesse estudo, resultando assim em uma tarifa de 0,18 R\$/KWh, visto que as reformas nas estações estarão completas nesse ano. A partir da atualização das subestações de fornecimento de energia para média tensão, foi tomado como premissa que o valor a ser pago para a energia de alta tensão e média tensão serão os mesmos.

Ao valor da tarifa de energia no mercado livre foi somada a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) referente ao uso do sistema de distribuição de energia elétrica. Foi utilizado o valor de TUSD de R\$ 0,10/ KWh para média tensão (13,8 kV) da concessionária local Cemig aplicado no período de outubro de 2020, que é o valor mais recente apresentado no site e considerado adequado para a realização desse cálculo, e sem o ICMS, por conta da premissa de correção fiscal adotada nesse estudo. Assim, a tarifa de energia final utilizada no cálculo da energia de estação foi de R\$ 0,27/ KWh.

Para o consumo de energia nas estações a partir do ano 4, foram realizados estudos técnicos no RT06, considerando alguns sistemas como: Escada rolante, Elevadores, Ar-Condicionado, Ar-Condicionado Precisão, Iluminação, Telecomunicação e Bombas, obtendo assim um consumo por estação no valor de 0,73 milhões de KWh anuais, que multiplicado pela quantidade de estações e pela tarifa, resulta no OPEX de Energia de Estação.

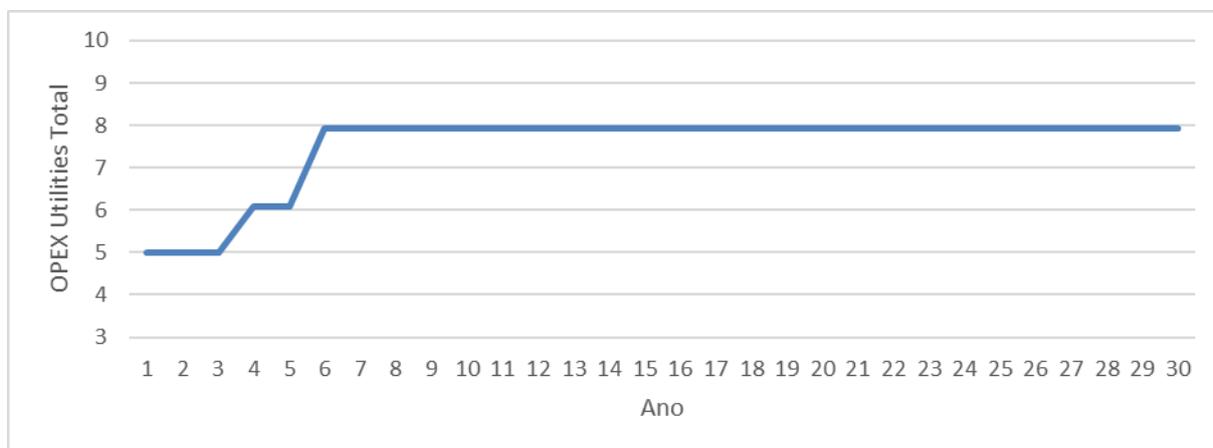
Para o gasto com água foi calculado um valor médio por estação em 2019, sendo de R\$ 0,03 milhões. Esse valor foi multiplicado pela quantidade de estações ao longo da concessão, resultando no OPEX de consumo de água das estações.

Para a Linha 2, a lógica de cálculo da energia de estação e do gasto com água seguiu o mesmo racional utilizado a partir do quarto ano da linha 1.

Para os Pátios foi considerado um valor fixo por ano de gasto com água no valor de R\$ 0,90 milhões anuais. E foi considerado um valor de gasto com energia variando apenas do ano 1 ao 3, em que foi adotado um gasto proporcional ao que foi praticado em 2019, no valor de R\$ 0,76 milhões, e para os demais anos de concessão, o valor adotado foi de R\$ 0,60 milhões anuais.

No Gráfico 5-8 é apresentada a projeção ao longo do tempo do OPEX de *Utilities*:

Gráfico 5-8 –OPEX de *Utilities* ao longo do tempo (MM R\$)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

O gráfico 5-8 mostra um OPEX maior do ano 4 e 5 em relação ao ano 1 ao 3, pois houve a entrada da estação Novo Eldorado. E a partir do ano 6, nota-se um aumento do valor do OPEX devido à entrada da operação da linha 2.

5.1.1.5. Limpeza

O OPEX de Limpeza foi dividido em duas subcategorias para a Linha 1 e Linha 2: (i) Estações e (ii) Material Rodante. Adicionalmente foi incluído um valor específico para a limpeza dos Pátios.

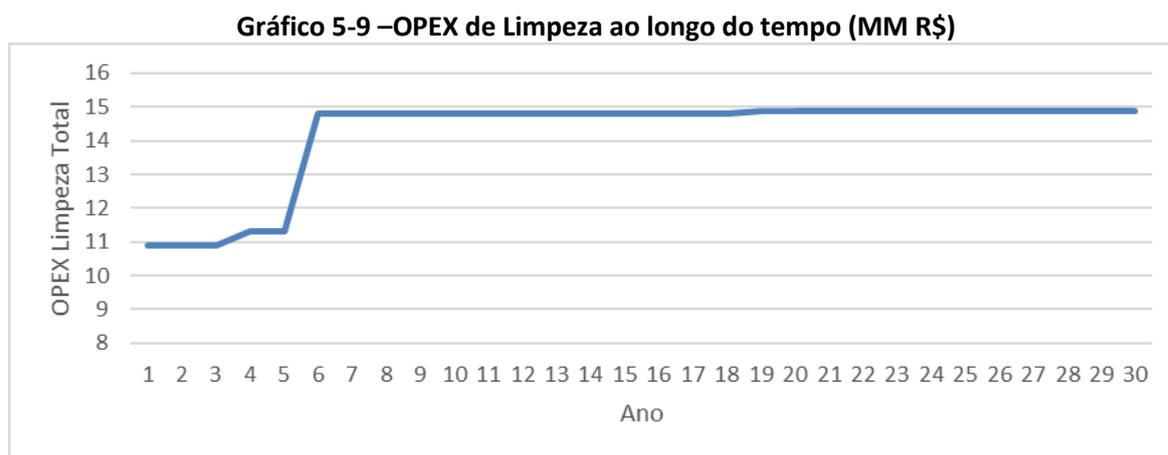
Para o cálculo do OPEX de Limpeza foram utilizados contratos atuais da CBTU e da TRENURB (como *benchmark*), cujos valores anuais foram considerados adequados para os padrões de uma operação privada. Foi considerado que o valor praticado atualmente continua coerente para o ano de início da concessão, e a partir desse valor foi possível obter o custo para cada categoria. Os valores dos contratos mais antigos foram atualizados utilizando o IPCA.

Para a Limpeza de Estações, foram utilizados contratos de limpeza anual para todas as estações, e a partir desse valor foi possível obter o custo de limpeza por estação no valor de R\$ 0,36 milhões anuais, que multiplicado pela quantidade de estações ao longo da concessão resulta no OPEX de Limpeza de Estações.

Para a Limpeza de Material Rodante, foi utilizado o contrato de limpeza anual para todos os TUEs, e a partir desse valor foi possível obter o custo de limpeza por TUE no valor de R\$ 0,05 milhões, que multiplicado pela quantidade de TUEs ao longo da concessão resulta no OPEX de Limpeza de Material Rodante.

Para os Pátios e demais localidades foram utilizados três contratos que totalizam um valor fixo de R\$ 3,15 milhões.

No Gráfico 5-9 é apresentada a projeção ao longo do tempo do OPEX de Limpeza:



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

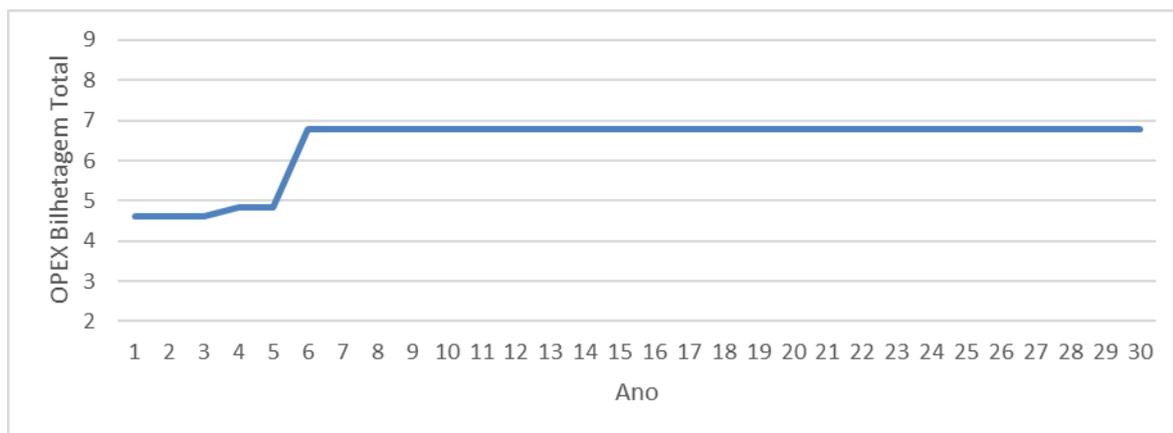
5.1.1.6. Bilhetagem

Para o cálculo do OPEX de Bilhetagem foram utilizados contratos atuais da CBTU e da TRENURB (como *benchmark*), cujos valores anuais foram considerados adequados para uma operação privada. Foi considerado que o valor praticado atualmente continua coerente para o ano de início da concessão. Os valores dos contratos mais antigos foram atualizados utilizando o IPCA.

Foram utilizados contratos de transporte de valores, aquisição de bilhetes e bobinas Edmonson, venda de créditos pelo Webserviços, bem como despesas com a empresa TACOM e despesas do cartão ÓTIMO. Ao somar esses custos e despesas e dividir pela quantidade de estações foi possível obter um custo de serviço de bilhetagem por estação no valor de R\$ 0,24 milhões anuais, que multiplicado pela quantidade de estações ao longo da concessão resulta no OPEX de Bilhetagem. Vale ressaltar que o sistema de bilhetagem que é utilizado atualmente pode vir a ser alterado no futuro a critério da Concessionária.

No Gráfico 5-10 é apresentada a projeção ao longo do tempo do OPEX de Bilhetagem:

Gráfico 5-10 –OPEX de Bilhetagem ao longo do tempo (MM R\$)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

5.1.1.7. Serviço de Terceiros

Para o cálculo do valor do OPEX de Serviço de Terceiros foram utilizados contratos atuais da CBTU e da TRENURB (como *benchmark*), cujos valores anuais foram considerados adequados para os padrões de uma operação privada. Foi considerado que o valor praticado atualmente continua coerente para o ano de início da concessão. Os valores dos contratos mais antigos foram atualizados utilizando o IPCA.

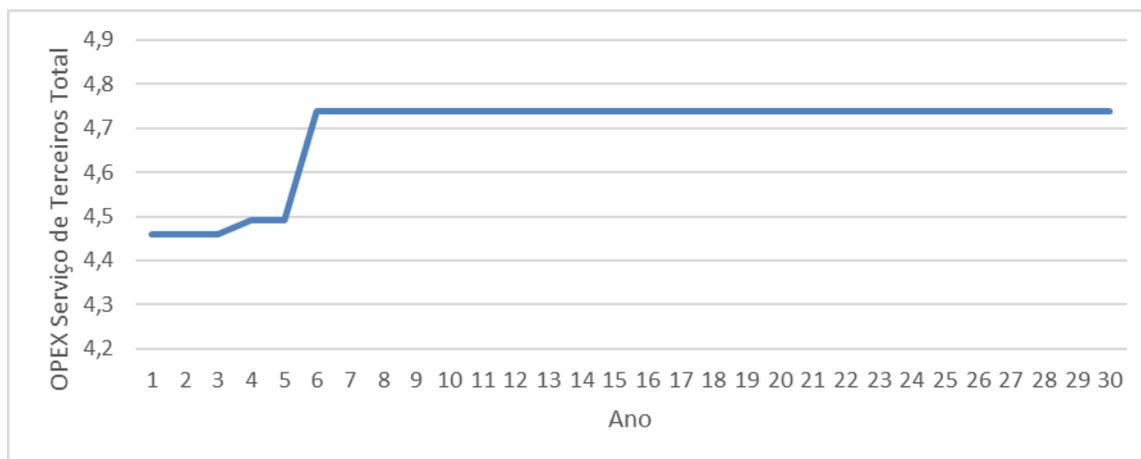
Foram classificados como serviços de terceiros: serviço de telefonia móvel pessoal, suporte técnico, acesso à internet, e impressão, cópia e digitalização. Ao somar esses contratos e dividir pela quantidade de estações foi possível obter um custo de serviço de TI por estação no valor de R\$ 0,03 milhões anuais, que multiplicado pela quantidade de estações ao longo da concessão resulta no OPEX de TI.

Para o OPEX de Serviço de Motorista, foram utilizados contratos de transporte de pessoas e volumes, condução de veículos e serviço de motorista. Ao somar esses contratos e dividir pela quantidade de funcionários na área administrativa foi possível obter um custo de serviço de motorista por funcionário administrativo em 2019 no valor de R\$ 0,005 milhões anuais, que multiplicado pela quantidade de funcionários administrativos ao longo da concessão resulta no OPEX de Serviço de Motorista.

Para os Pátios foi utilizado o custo fixo de um contrato relativo ao Serviço de Portaria no valor de R\$ 3,34 milhões anuais.

No Gráfico 5-11 é apresentada a projeção ao longo do tempo do OPEX de Serviço de Terceiros:

Gráfico 5-11 – OPEX de Serviço de Terceiros ao longo do tempo (MM R\$)



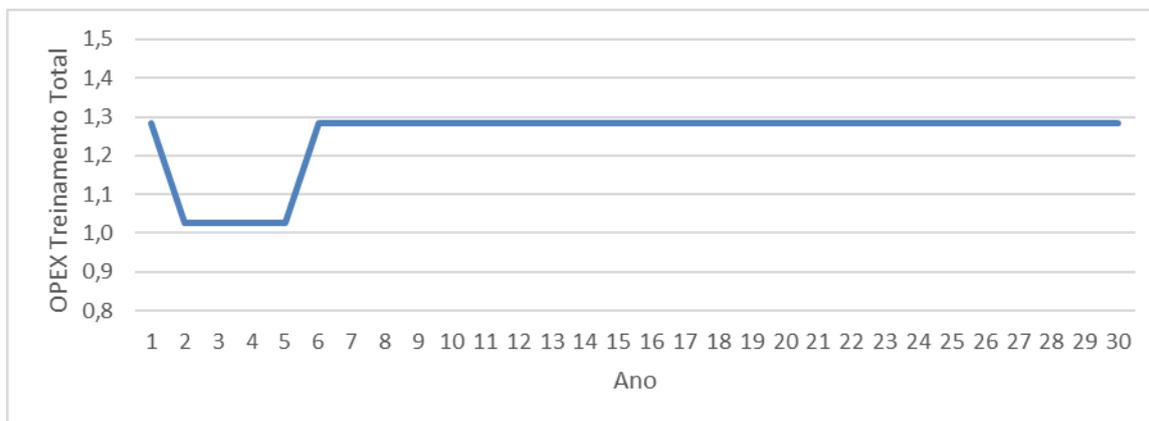
Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

5.1.1.8. Treinamento

O OPEX de Treinamento para a Linha 1, Linha 2, Pátios e Administrativo foi calculado utilizando uma lógica de custo dos instrutores que ministram os treinamentos e semanas de treinamentos necessárias anualmente, a partir da experiência do Consórcio. Foram consideradas 4 semanas de treinamentos por funcionário no primeiro ano de operação da Linha 1 (ano 1 da concessão) e no primeiro ano de operação da Linha 2 (ano 6 da concessão). E ao longo dos demais anos da concessão foi previsto 2 semanas de treinamentos por funcionário.

No Gráfico 5-12 é apresentada a projeção ao longo do tempo do OPEX de Treinamento:

Gráfico 5-12 –OPEX de Treinamento ao longo do tempo (MM R\$)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

Nota-se do gráfico 5-12 que o OPEX é maior no ano 1 devido à necessidade de mais semanas de treinamento devido à implantação de novos sistemas, depois há uma queda, e a partir do ano 6 cresce novamente com a entrada da linha 2.

5.1.1.9. Outros Custos

Para a Linha 1 e Linha 2 foram considerados como Outros Custos o OPEX de Comunicação e Publicidade.

E para o Administrativo foram considerados OPEX de Serviço de Meio Ambiente, Aluguel de Veículos, Seguros e Garantias, Serviço de Saúde no trabalho, Gastos Gerais e Verificador Independente.

No caso dos Seguros e Garantias, as alíquotas e bases de cálculo utilizadas basearam-se na experiência do Consórcio junto a outros processos de concessão e PPPs dessa natureza, conforme a tabela 5-5:

Tabela 5-5 – Cálculo dos Seguros e Garantias

Seguros e Garantias	Base de cálculo anual ³ (MM R\$)	Alíquota	Valor Total no ano (MM R\$)
Responsabilidade Civil	25,00	4,00%	1,00
Riscos Operacionais	350,00	0,10%	0,35
Riscos Engenharia	CAPEX anual	0,15%	Ano 1: 0,85 Nos demais anos: variável
Riscos Ambientais	5,00	2,00%	0,10
Performance Bond	CAPEX Total (30 anos)	Nos 6 primeiros anos (CAPEX Principal): 0,50% (Percentual da Garantia) x 10% (Percentual do CAPEX Total) Nos demais anos: 0,50% (Percentual da Garantia) x 3,5% (Percentual do CAPEX Total)	Nos 6 primeiros anos: 1,74 Nos demais anos: 0,61

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

No estudo atual o Verificador Independente foi separado em duas funções distintas: Fiscalizador da Concessão e Auditor de Investimento. O primeiro avalia o andamento da concessão e é responsável por um apoio técnico e pela verificação do atingimento dos KPIs. E o segundo atesta marcos de obras ou operacionais, principalmente durante o período de execução dos investimentos (CAPEX). Ambos são considerados como um quantitativo à parte, uma equipe de profissionais contratada.

Finalmente, para a Linha 1, Linha 2, Pátio e Administrativo foi considerado um percentual de 2% sobre as demais despesas, como sendo Gastos Gerais, que são um provisionamento de despesas não elencadas até o momento ou alguma despesa extra (por exemplo eventos não previstos, itens de escritórios, gastos não identificados, entre outros).

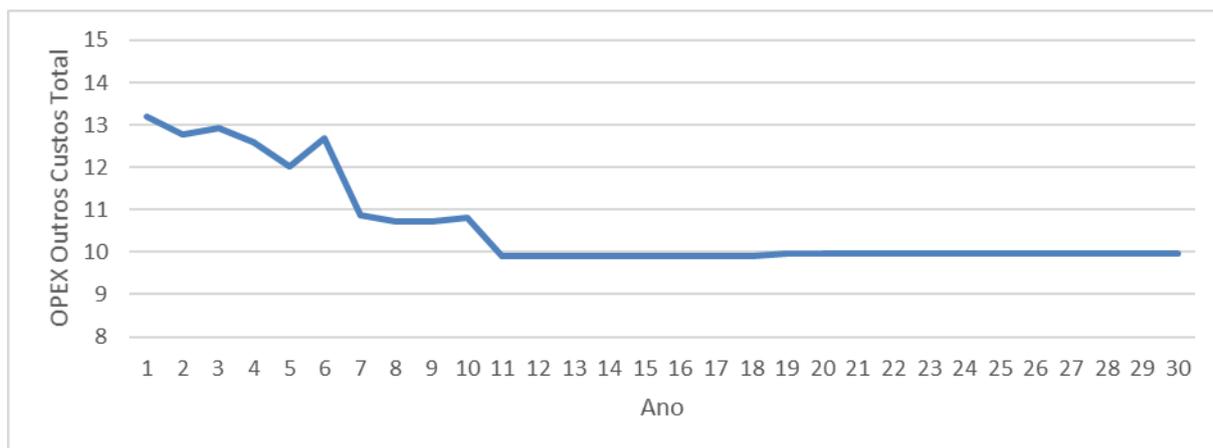
Para o cálculo do valor do OPEX de Outros Custos foram utilizados contratos atuais da CBTU e da TRENURB (como *benchmark*) além da experiência do Consórcio junto a outros processos de concessão e PPPs dessa natureza, tendo um julgamento do valor anual adequado da operação privada. Foi considerado que o valor praticado atualmente continua coerente para o ano de início da concessão. Os valores dos contratos mais antigos foram atualizados utilizando o IPCA.

³ Para estimativa das bases de cálculo, para Responsabilidade Civil e Riscos Ambientais a base de aplicação é a importância segurada, e no caso dos Riscos Operacionais é o valor em risco de danos materiais e perda de receita.

Em relação ao IPTU, que também poderia ser enquadrado na categoria de Outros Custos e relaciona-se diretamente aos custos dos imóveis, a CBTU/STU BH possui, atualmente imunidade tributária da empresa. Considerou-se que a empresa que assumir a nova operação privada também não terá incidência deste tributo no modelo base da avaliação. A justificativa jurídica será mais bem detalhada no Relatório de Proposição do Modelo de Concessão (RT09).

No Gráfico 5-13 é apresentada a projeção ao longo do tempo do OPEX de Outros Custos:

Gráfico 5-13 –OPEX de Outros Custos ao longo do tempo (MM R\$)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

No gráfico 5-13, nota-se que do ano 3 ao 5, há uma diminuição do OPEX, causada pelo custo do Auditor de Investimento, que possui um valor maior no começo da implementação do CAPEX. Depois, com a entrada da linha 2, há um aumento do OPEX, e no decorrer da concessão esse valor diminui devido ao Seguro relacionado ao Risco Engenharia diminuir ao longo do tempo por conta da diminuição do CAPEX, e ao Performance Bond que diminui a partir do ano 7, pois utiliza um percentual sobre o CAPEX Total menor do que nos 6 primeiros anos.

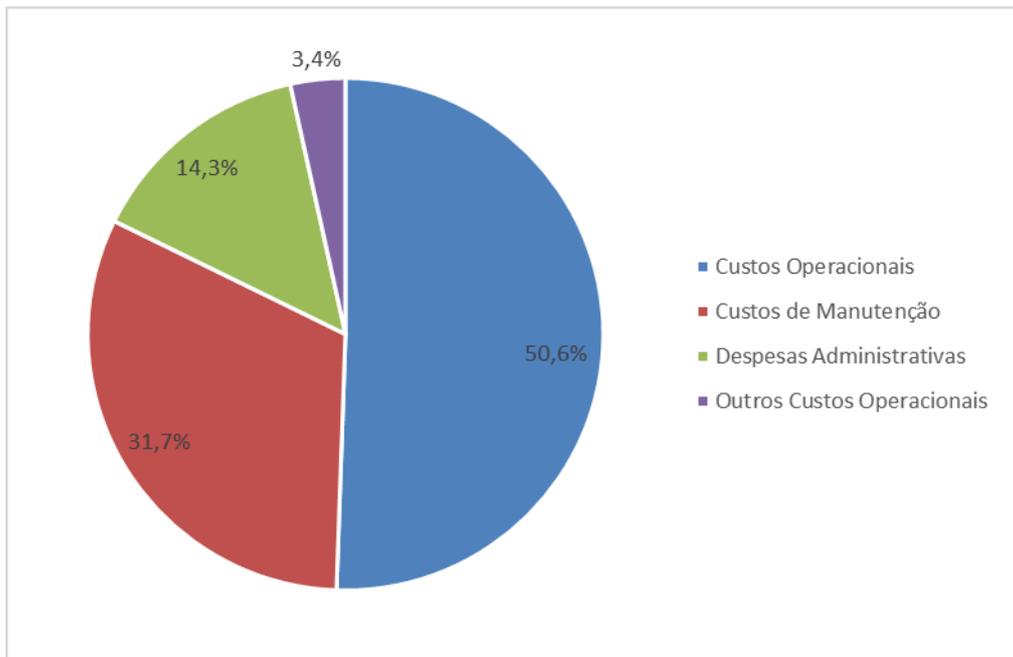
5.1.2. OPEX Total

Utilizando todas as categorias de OPEX previamente apresentadas, também foi possível realizar uma análise com a construção das grandes áreas de OPEX com uma divisão mais consolidada:

- Custos Operacionais (Pessoal, Energia de Tração, *Utilities* e Limpeza);
- Custos de Manutenção (Pessoal, Manutenção de Material Rodante, Sistemas e Via Permanente);
- Despesas Administrativas (Pessoal, Serviço de Terceiros, Bilhetagem, Treinamento e Outros Custos);
- Outros Custos Operacionais;

No Gráfico 5-14 são apresentadas as grandes áreas com as suas representatividades estimadas para o ano 6 (pós *ramp-up*) de concessão:

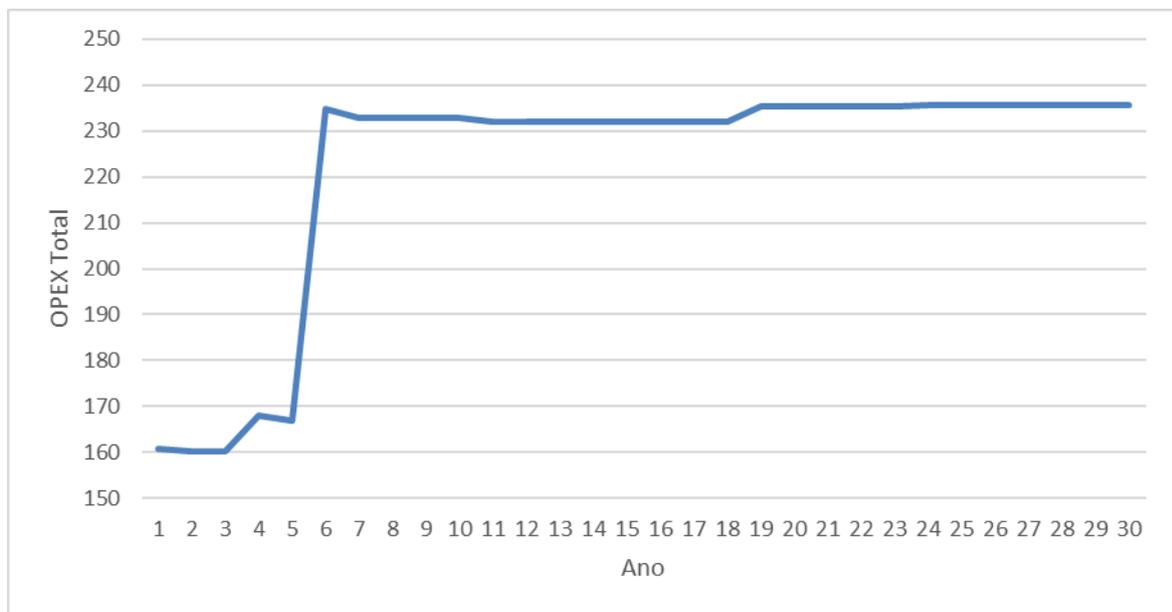
Gráfico 5-14 – Representatividade das grandes áreas do OPEX (ano 6)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

Conforme esperado, os custos operacionais (nesse caso com energia incluída) são os mais relevantes. O Gráfico 5-14 ilustra também a relevância do tema manutenção, quando incluído o custo de pessoal associado. O OPEX Total somando a Linha 1, Linha 2, Pátios e Administrativo obteve o seguinte perfil de projeção com os valores totais ao longo do tempo:

Gráfico 5-15 – OPEX ao longo do tempo (MM R\$)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

Nota-se a partir do Gráfico 5-15, que existe um crescimento *importante*, do ano 5 para o ano 6, devido à entrada da Linha 2 em operação, aumentando os custos totais do sistema, assim como apresentado nos gráficos das demais categorias de OPEX. A partir desse ponto, ao longo do tempo, para a Linha 1 e a Linha 2 há uma estabilização dos valores anuais com um pequeno aumento no ano 19. Comparativamente à operação pública, há um ganho de eficiência importante obtido por meio de novos contratos salariais, diminuição do quadro de pessoal e redução da tarifa energética. Tudo isso levou a uma importante diminuição dos custos, como pode ser avaliado a seguir com a comparação do OPEX/(carro x km).

Para realizar uma checagem final, e adicional, foi calculado o indicador OPEX/(carro x km) que aponta um fator de gasto em função da oferta de transporte. Não existe uma referência bibliográfica para esse indicador que depende muito das características de cada sistema e de sua operação (incluindo o tamanho da linha, tipos de vias e trens utilizados, etc.). Entretanto, na experiência prática do Consórcio, a maioria dos sistemas eficientes de transporte ferroviário de passageiros têm o indicador próximo ou mesmo abaixo de R\$ 12 /(carro x km). Realizando uma avaliação do valor do indicador para a soma da concessão toda, considerando os 30 anos somados, foi obtido um indicador de R\$ 13,44 /(carro x km). Comparativamente, se considerarmos os dados de OPEX público de 2019, esse valor é de R\$ 25,29/(carro x km) (nesse caso apenas com a linha 1 atual, sem sua requalificação e expansão). Nesse sentido entendemos que o valor de OPEX calculado pela metodologia *bottom-up*, apesar de apresentar uma redução importante em relação ao nível atual, é factível e coerente com uma operação privada futura.

5.2. CAPEX

Os dados de entrada de investimentos (CAPEX) foram explicitados e obtidos a partir do RT06, considerando a requalificação da Linha 1 com a construção da estação Novo Eldorado e expansão da Linha 2. Os valores de investimento contidos no documento dividem-se em dez categorias.

Para obter os valores de CAPEX para cada uma das categorias foram consideradas as necessidades de melhorias diagnosticadas no inventário dos bens da empresa, constante no produto RT01 Parte A - Avaliação Técnico Operacional - Inventário. Assim, foi considerado um escopo emergencial, no qual são previstos investimentos visando assegurar, para o sistema em discussão, uma operação eficiente e segura, atendendo a demanda e aos padrões de desempenho estabelecidos como ideais.

Conforme apresentado na **seção 3.3**, para o cenário base das simulações, o REIDI foi considerado para todas as categorias de CAPEX durante toda a concessão, sendo aplicado percentual de 6,64%.

Na Tabela 5-6 são apresentadas as categorias de CAPEX, que são os dados de entrada do modelo, e o valor total a ser investido em cada categoria para a Linha 1 e Linha 2 ao longo dos 30 anos de concessão:

Tabela 5-6 – Categorias de CAPEX – Valor Investido em R\$

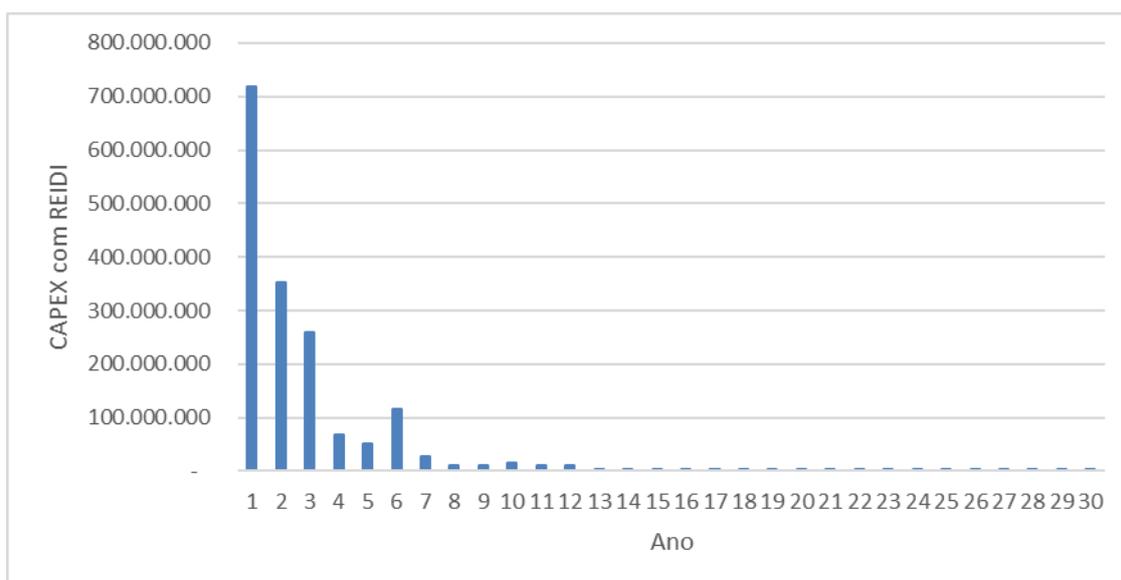
Dado de Entrada	Linha 1	Expansões (Linha 1 + 2)	Valor Total	Valor Total com REIDI
Material Rodante, Sobressalentes e Centros de Manutenção	362.274.390	514.373.459	876.647.849	818.438.431
Sinalização	550.834.497	316.309.691	867.144.188	809.565.814
Edificações - Civil	253.989.156	589.941.367	843.930.523	787.893.537
Energia	206.835.331	136.674.468	343.509.800	320.700.749

Dado de Entrada	Linha 1	Expansões (Linha 1 + 2)	Valor Total	Valor Total com REIDI
Rede Aérea	99.689.610	106.738.450	206.428.060	192.721.237
Telecomunicações e TI	95.044.135	91.635.029	186.679.164	174.283.668
Via Permanente	29.467.143	156.236.078	185.703.221	173.372.527
Equipamentos de Via	116.276.810	713.620	116.990.429	109.222.265
CCO	50.356.331	31.749.535	82.105.867	76.654.037
Equipamento de Proteção Coletiva	5.441.842	2.577.715	8.019.557	7.487.058
Licenças Ambientais	-	286.414	286.414	267.396
Total	1.770.209.245	1.947.235.826	3.717.445.071	3.470.606.719

Fonte: RT06: 'Estudo Técnico-Operacional' elaborado pelo Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

O Gráfico 5-16 apresenta os dados de entrada do CAPEX com REIDI distribuídos ao longo do tempo para a Linha 1 sem expansão:

Gráfico 5-16 – CAPEX com REIDI ao longo do tempo para a Linha 1 sem expansão (R\$)

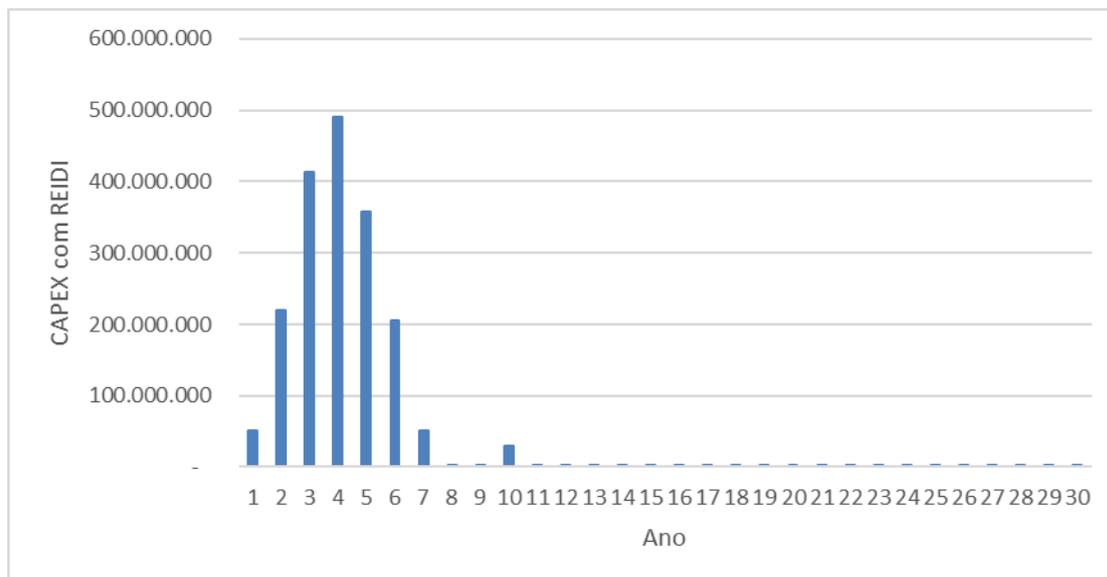


Fonte: RT06: 'Estudo Técnico-Operacional' elaborado pelo Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Observa-se no Gráfico 5-16 que o CAPEX da Linha 1 sem expansão possui a maior parcela dos valores concentrados nos 3 primeiros anos, e com investimentos menos expressivos a partir de então para os próximos anos. No ano 1 é feito o investimento completo de Equipamentos de Via e Energia e metade do de Sinalização, do ano 1 ao 3 há investimentos expressivos de Edificações-Civil e em Sinalização, e do ano 4 ao 7 há um grande investimento em Material Rodante, Sobressalentes e Centros de Manutenção.

O Gráfico 5-17 apresenta os dados de entrada do CAPEX com REIDI distribuídos ao longo do tempo para as expansões da Linha 1 e Linha 2:

Gráfico 5-17 – CAPEX com REIDI ao longo do tempo para as expansões da Linha 1 e Linha 2 (R\$)



Fonte: RT06: ‘Estudo Técnico-Operacional’ elaborado pelo Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Observa-se no Gráfico 5-17 que o CAPEX das expansões da Linha 1 e Linha 2 possui a maior parcela dos valores concentrados do ano 2 ao 6, e com investimentos menos expressivos a partir de então para os próximos anos. Do ano 2 ao 5 é feito um grande investimento em Edificações-Civil, do ano 3 ao 5 há investimentos expressivos em Sinalização, e do ano 4 ao 7 existe um importante investimento em Material Rodante, Sobressalentes e Centros de Manutenção.

5.2.1. VALOR RESIDUAL

O Valor Residual deve refletir o valor dos ativos ao final do período de concessão, no nosso caso 30 anos. No contexto do nosso estudo foi adotada como metodologia para depreciar os ativos a partir do momento da execução dos investimentos (CAPEX). Para tanto utilizou-se o método linear, dividindo-se o valor depreciável pelo tempo de depreciação estimado do ativo, conforme Resolução nº 4.540, de 19 de dezembro de 2014. O tempo de depreciação de cada ativo foi obtido por meio do anexo contido na mesma Resolução citada, o qual apresenta uma tabela com a descrição dos itens depreciáveis e suas respectivas taxas anuais de depreciação, que são as mesmas utilizadas na amortização.

De acordo com o ano de entrada de cada valor previsto de investimento será considerado seu tempo de depreciação e conseqüentemente uma taxa anual constante de depreciação que é considerada ao longo da concessão. A seguir é apresentada a tabela dos itens depreciáveis, com seus respectivos tempos de depreciação e taxas anuais de depreciação:

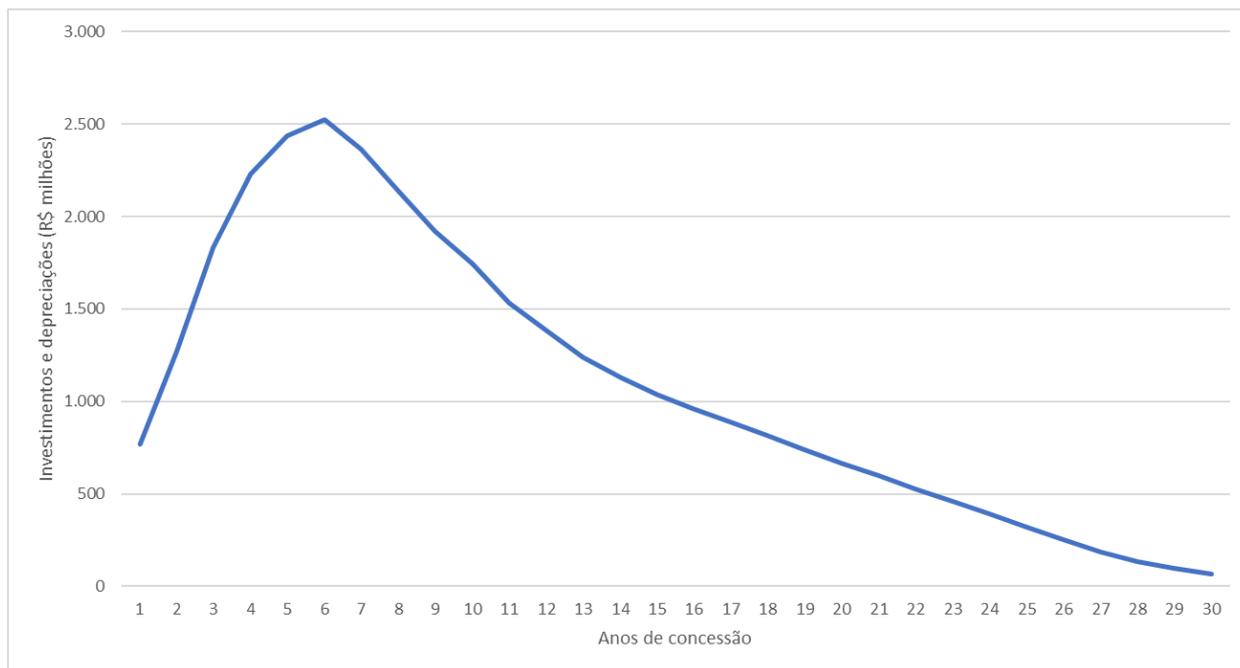
Tabela 5-7 – Tempo de Depreciação

Itens Depreciáveis	Tempo de Depreciação (Anos)	Taxa Anual Correspondente
Edificações – Civil	25	4%
Via Permanente	35	2,85%
Rede Aérea	10	10%
Material Rodante, Sobressalentes e Centro de Manutenção	25	4%
Sinalização	10	10%
Energia	10	10%
CCO	10	10%
Telecomunicações e TI	5	20%
Equipamentos de Via	10	10%
Licenças Ambientais	5	20%
Equipamento de Proteção Coletiva	10	10%

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Considerando os investimentos previstos, e suas respectivas taxas de depreciação, pode-se observar no Gráfico 5-18 abaixo que existe um saldo remanescente ao final do ano 30 da concessão, este valor é chamado de Valor Residual e tem valor de R\$ 66 milhões. Como a maior parte dos investimentos será realizada no início da concessão e o tempo de depreciação para muitos itens não é tão longo o valor residual, ao final da concessão é relativamente baixo.

Gráfico 5-18 – Saldos de investimentos considerando depreciações (R\$ milhões)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRA-CESCON-RHEIN, 2021

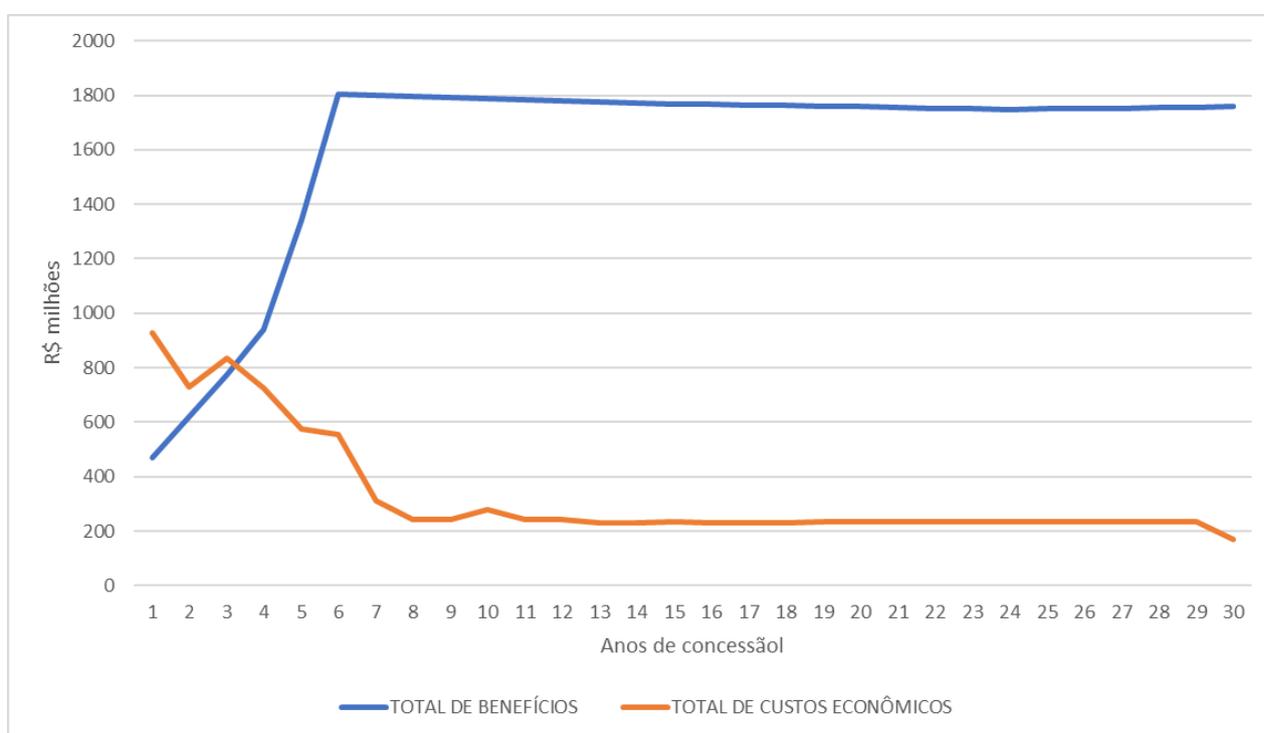
O Valor Residual reflete a capacidade do potencial remanescente de serviço dos ativos fixos cuja vida econômica ainda não foi completamente exaurida, e é considerado no cálculo dos indicadores de benefícios sociais.

6. ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo serão indicados os resultados do estudo de custo-benefício, consolidando as visões de benefícios sociais gerados na comparação do cenário de concessão versus o cenário contrafactual (*greenfield*) e os custos econômicos representados pelos gastos de operação e manutenção da via e os investimentos alocados ao longo da concessão.

No gráfico abaixo é possível verificar o comportamento relativo entre as totalidades de benefícios sociais e custos econômicos ao longo dos anos de concessão. Verifica-se que nos 3 primeiros anos da concessão os gastos superam os benefícios gerados, principalmente devido aos elevados custos de investimentos (CAPEX) para expansão do sistema. Já a partir do 4º ano da concessão, os benefícios começam a superar os gastos, passando rapidamente a estabelecer distância crescente nos anos que seguem.

Gráfico 6-1 - Benefícios e custos sociais ao longo do período de concessão



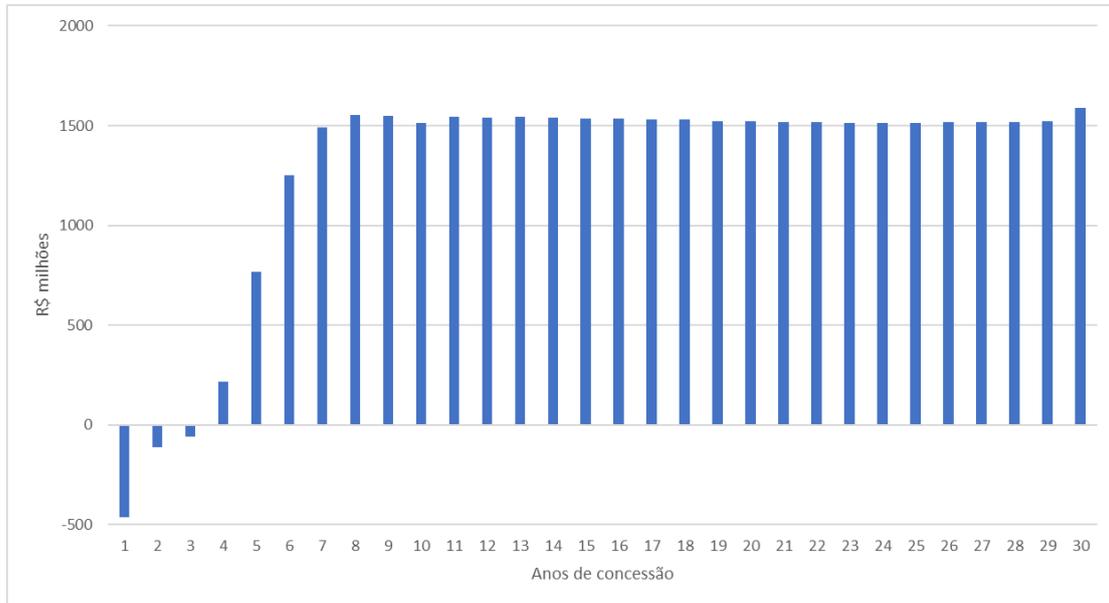
Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2021

Observa-se também que os níveis de custos econômicos, estáveis entre os anos 13 e 29, apresentam uma pequena queda no último ano da concessão. Este comportamento se dá pelo valor residual de CAPEX, cuja depreciação é considerada ao longo do período de concessão baseado em taxas de depreciação contábeis.

O valor residual no ano 30, com valor de R\$ 66,67 milhões gera uma redução dos custos econômicos no referido ano, conforme verificado no gráfico 6-1.

O Gráfico 6-2 aponta a relação de saldo de benefícios totais subtraindo-se os custos econômicos para cada ano da concessão, indicando que a partir do 4º ano, em que ocorre um saldo positivo sobre os investimentos, os benefícios seguem uma ascendente até atingir um patamar relativamente estável a partir do 8º ano, com um valor aproximado de R\$ 1,53 bilhões/ano em saldo positivo.

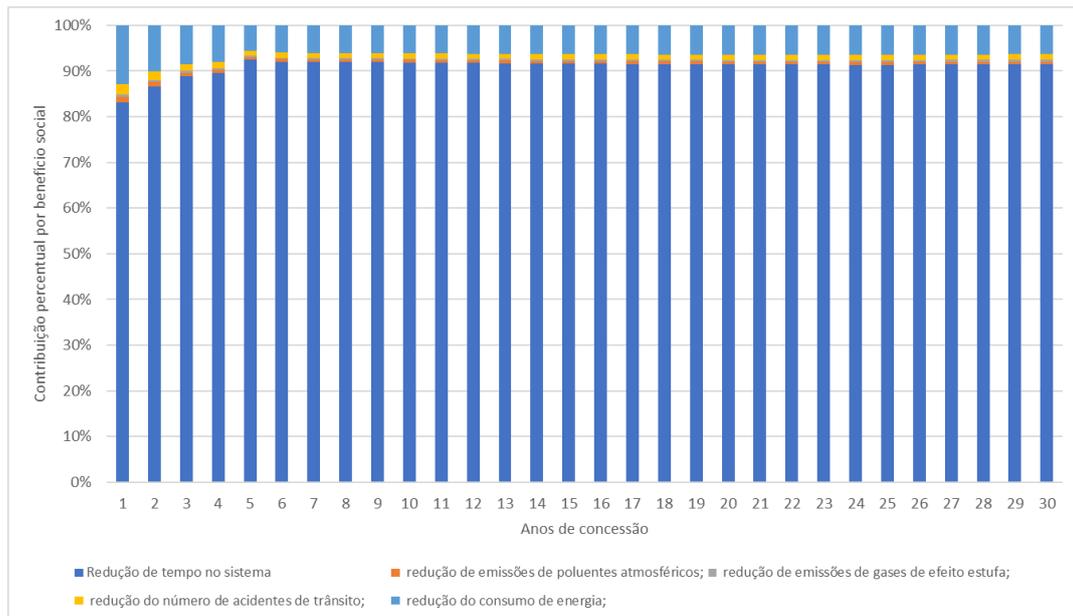
Gráfico 6-2 - Saldo: Benefícios – Custos



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Em relação às contribuições de cada tipo de benefício calculado, podemos observar o Gráfico 6-3. Nele se destaca a ampla representatividade do ganho de tempo que foi gerado para todo o sistema de transportes com a introdução do sistema metro-ferroviário (vis a vis um cenário *greenfield*). O benefício de ganho de tempo aumenta sua fração ao longo do tempo, superando 90% do total de benefícios gerados, a partir do ano 5.

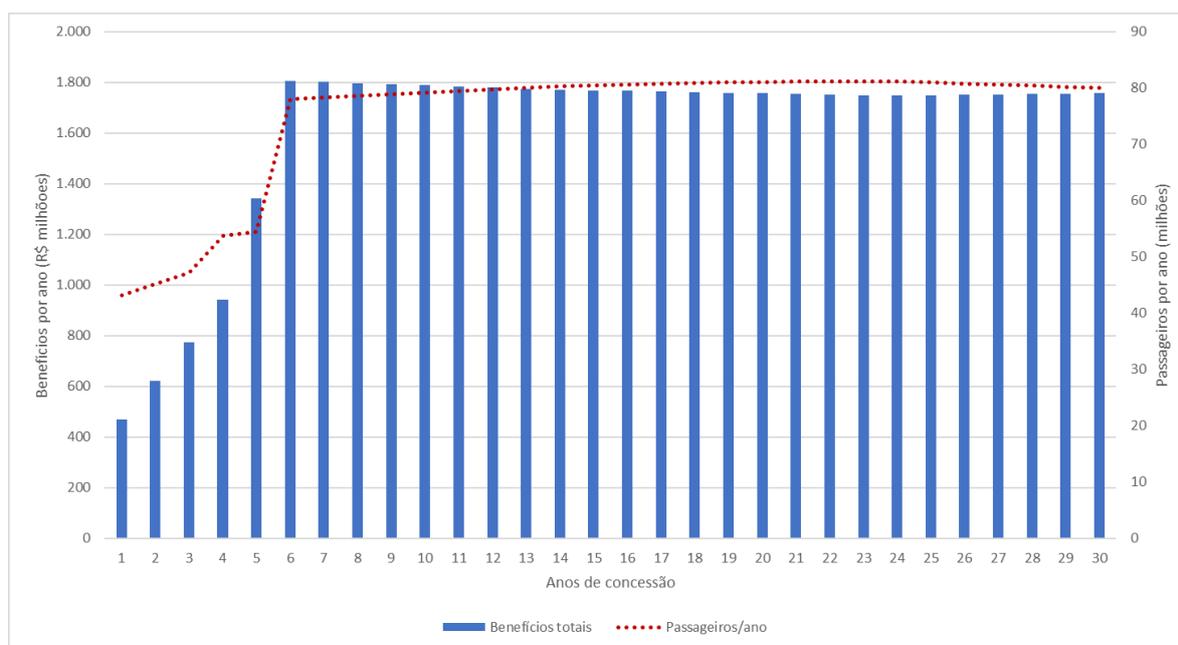
Gráfico 6-3 - Valores percentuais de contribuição por benefício social



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

O Gráfico 6-4 traz uma visão de comportamento correlacionando o crescimento da demanda de passageiros ao longo do período de concessão e os benefícios sociais em sua totalidade para a sociedade. Este acompanhamento de mesmo formato de curva é ilustrativo do peso da demanda sobre os ganhos crescentes de benefícios nesse projeto, típicos de sistemas de massa de transporte de passageiros.

Gráfico 6-4 - Visão de crescimento entre demanda de passageiros e benefícios sociais



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Por fim, conforme indicado previamente na metodologia, foram calculados os principais indicadores de benefícios sociais:

Tabela 6-1 - Quadro sumarizado com indicadores da análise de custo-benefício

INDICADORES	Valor
TSD (%)	8,50%
VSPL (R\$ milhões)	R\$ 10.402
TRE (%)	65,50%
VPL BENEFÍCIOS (R\$ milhões)	R\$ 15.241
VPL CUSTOS (R\$ milhões)	R\$ 4.899
Índice B/C	3,11
Valor Residual (R\$ milhões)	R\$ 66,68

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Na Tabela 6-1 é possível observar um elevado valor social presente líquido (VSPL), superior a R\$ 10,4 bilhões considerando todo período de concessão. Coerente com esse fato, a Taxa de Retorno Econômico (TRE) é de 65%, indicando um elevado retorno à sociedade ocasionado pelos diversos

benefícios frente ao cenário *greenfield*. E, por fim, o índice B/C, calculado pelo quociente entre o Valor Presente Líquido de benefícios e custos atinge importantes 3,11, indicando que os benefícios são mais do que 3 vezes os custos econômicos incorridos na totalidade dos 30 anos considerados no presente relatório.

6.1. DADOS DETALHADOS DO FLUXO DE CAIXA

Tabela 6-1 - Fluxos de caixa pela conciliação de benefícios e custos totais dos anos 1 a 10

#	BENEFÍCIOS (R\$)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1+2+3	Redução de tempo no sistema	R\$ 389.079.848,54	R\$ 538.088.370,80	R\$ 689.223.052,07	R\$ 842.483.892,35	R\$ 1.242.238.555,47	R\$ 1.662.431.693,66	R\$ 1.657.825.085,81	R\$ 1.653.139.765,77	R\$ 1.648.375.733,56	R\$ 1.643.532.989,17
7	redução de emissões de poluentes atmosféricos;	R\$ 5.716.933,35	R\$ 5.966.036,13	R\$ 6.240.618,76	R\$ 7.104.639,09	R\$ 7.200.390,80	R\$ 10.317.549,38	R\$ 10.352.539,23	R\$ 10.387.963,56	R\$ 10.423.827,54	R\$ 10.460.136,40
8	redução de emissões de gases de efeito estufa;	R\$ 2.555.767,55	R\$ 2.703.833,10	R\$ 2.866.668,00	R\$ 3.307.269,66	R\$ 3.396.140,38	R\$ 4.929.855,68	R\$ 5.010.264,07	R\$ 5.091.315,93	R\$ 5.173.021,84	R\$ 5.255.392,55
12	redução do número de acidentes de trânsito;	R\$ 10.937.007,65	R\$ 11.413.563,65	R\$ 11.938.864,93	R\$ 13.591.813,52	R\$ 13.774.995,16	R\$ 19.738.399,85	R\$ 19.805.338,57	R\$ 19.873.108,51	R\$ 19.941.719,53	R\$ 20.011.181,65
11	redução do consumo de energia;	R\$ 60.078.449,16	R\$ 62.696.235,17	R\$ 65.581.785,49	R\$ 74.661.653,73	R\$ 75.667.894,99	R\$ 108.425.676,40	R\$ 108.793.379,77	R\$ 109.165.649,10	R\$ 109.542.538,63	R\$ 109.924.103,37
A	TOTAL DE BENEFÍCIOS	R\$ 468.368.006,24	R\$ 620.868.038,85	R\$ 775.850.989,25	R\$ 941.149.268,36	R\$ 1.342.277.976,79	R\$ 1.805.843.174,98	R\$ 1.801.786.607,45	R\$ 1.797.657.802,87	R\$ 1.793.456.841,09	R\$ 1.789.183.803,14
#	CUSTOS ECONÔMICOS (R\$)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B.1	Custos Operacionais	R\$ 73.848.312,78	R\$ 73.848.312,78	R\$ 73.848.312,78	R\$ 79.819.958,31	R\$ 79.351.919,51	R\$ 118.686.989,27				
B.2	Custos de Manutenção	R\$ 44.085.641,44	R\$ 44.085.641,44	R\$ 44.085.641,44	R\$ 46.146.160,89	R\$ 46.146.160,89	R\$ 74.491.755,81				
B.3	Despesas Administrativas	R\$ 29.752.776,75	R\$ 29.500.168,10	R\$ 29.503.217,89	R\$ 29.772.868,65	R\$ 29.752.447,97	R\$ 33.503.751,92	R\$ 33.468.246,94	R\$ 33.465.044,45	R\$ 33.465.050,87	R\$ 33.466.874,93
B.4	Outros Custos Operacionais	R\$ 13.076.183,85	R\$ 12.665.522,79	R\$ 12.818.012,32	R\$ 12.317.822,28	R\$ 11.764.826,95	R\$ 8.083.719,59	R\$ 6.308.470,11	R\$ 6.148.345,74	R\$ 6.148.666,91	R\$ 6.239.869,90
B.5	CAPEX	R\$ 767.814.339,11	R\$ 571.364.738,58	R\$ 673.024.428,60	R\$ 558.157.909,46	R\$ 408.374.760,73	R\$ 320.484.011,37	R\$ 78.662.325,83	R\$ 10.574.967,17	R\$ 10.789.081,62	R\$ 44.616.952,54
B	TOTAL DE CUSTOS ECONÔMICOS SEM VALOR RESIDUAL	R\$ 928.577.253,93	R\$ 731.464.383,69	R\$ 833.279.613,03	R\$ 726.214.719,59	R\$ 575.390.116,05	R\$ 555.250.227,96	R\$ 311.617.787,95	R\$ 243.367.102,43	R\$ 243.581.544,48	R\$ 277.502.442,44
B.6	Valor residual	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
B+B.6	TOTAL DE CUSTOS ECONÔMICOS COM VALOR RESIDUAL	R\$ 928.577.253,93	R\$ 731.464.383,69	R\$ 833.279.613,03	R\$ 726.214.719,59	R\$ 575.390.116,05	R\$ 555.250.227,96	R\$ 311.617.787,95	R\$ 243.367.102,43	R\$ 243.581.544,48	R\$ 277.502.442,44
#	FLUXO DE CAIXA SOCIAL (R\$)										
A+B	CONSOLIDAÇÃO BENEFÍCIOS E CUSTOS (SEM VALOR RESIDUAL)	-R\$ 460.209.247,68	-R\$ 110.596.344,84	-R\$ 57.428.623,78	R\$ 214.934.548,77	R\$ 766.887.860,73	R\$ 1.250.592.947,02	R\$ 1.490.168.819,50	R\$ 1.554.290.700,44	R\$ 1.549.875.296,61	R\$ 1.511.681.360,69

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRRA-CESCON-RHEIN, 2021

Tabela 6-2 - Fluxos de caixa pela conciliação de benefícios e custos totais dos anos 11 a 20

#	BENEFÍCIOS (R\$)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1+2+3	Redução de tempo no sistema	R\$ 1.638.611.532,60	R\$ 1.633.611.363,84	R\$ 1.628.532.482,91	R\$ 1.623.374.889,80	R\$ 1.620.799.153,00	R\$ 1.618.196.443,06	R\$ 1.615.566.759,96	R\$ 1.612.910.103,72	R\$ 1.610.226.474,32	R\$ 1.607.629.099,48
7	redução de emissões de poluentes atmosféricos;	R\$ 10.496.895,46	R\$ 10.534.110,11	R\$ 10.571.785,81	R\$ 10.609.928,12	R\$ 10.630.469,15	R\$ 10.651.171,64	R\$ 10.672.036,56	R\$ 10.693.064,92	R\$ 10.714.257,71	R\$ 10.718.076,67
8	redução de emissões de gases de efeito estufa;	R\$ 5.338.438,96	R\$ 5.422.172,17	R\$ 5.506.603,43	R\$ 5.591.744,17	R\$ 5.667.969,55	R\$ 5.744.534,74	R\$ 5.821.443,27	R\$ 5.898.698,68	R\$ 5.976.304,55	R\$ 6.157.787,77
12	redução do número de acidentes de trânsito;	R\$ 20.081.505,04	R\$ 20.152.700,00	R\$ 20.224.777,01	R\$ 20.297.746,67	R\$ 20.337.043,51	R\$ 20.376.649,23	R\$ 20.416.565,70	R\$ 20.456.794,84	R\$ 20.497.338,57	R\$ 20.504.644,57
11	redução do consumo de energia;	R\$ 110.310.399,16	R\$ 110.701.482,66	R\$ 111.097.411,32	R\$ 111.498.243,47	R\$ 111.714.106,29	R\$ 111.931.665,78	R\$ 112.150.932,32	R\$ 112.371.916,38	R\$ 112.594.628,49	R\$ 112.634.761,38
A	TOTAL DE BENEFÍCIOS	R\$ 1.784.838.771,22	R\$ 1.780.421.828,78	R\$ 1.775.933.060,48	R\$ 1.771.372.552,24	R\$ 1.769.148.741,51	R\$ 1.766.900.464,44	R\$ 1.764.627.737,81	R\$ 1.762.330.578,53	R\$ 1.760.009.003,64	R\$ 1.757.644.369,88
#	CUSTOS ECONÔMICOS (R\$)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
B.1	Custos Operacionais	R\$ 118.686.989,27	R\$ 119.935.020,48	R\$ 119.935.020,48							
B.2	Custos de Manutenção	R\$ 74.491.755,81	R\$ 76.687.477,09	R\$ 76.687.477,09							
B.3	Despesas Administrativas	R\$ 33.449.422,77	R\$ 33.449.416,34	R\$ 33.449.128,77	R\$ 33.449.135,65	R\$ 33.449.142,07	R\$ 33.449.122,35	R\$ 33.449.128,77	R\$ 33.449.122,35	R\$ 33.518.141,66	R\$ 33.518.135,24
B.4	Outros Custos Operacionais	R\$ 5.367.261,71	R\$ 5.366.940,54	R\$ 5.352.561,81	R\$ 5.352.905,83	R\$ 5.353.227,00	R\$ 5.352.240,64	R\$ 5.352.561,81	R\$ 5.352.240,64	R\$ 5.359.453,84	R\$ 5.359.132,66
B.5	CAPEX	R\$ 10.156.561,54	R\$ 9.942.447,09	R\$ 356.625,83	R\$ 585.971,37	R\$ 800.085,83	R\$ 142.511,37	R\$ 356.625,83	R\$ 142.511,37	R\$ 356.625,83	R\$ 142.511,37
B	TOTAL DE CUSTOS ECONÔMICOS SEM VALOR RESIDUAL	R\$ 242.151.991,10	R\$ 241.937.549,05	R\$ 232.337.061,49	R\$ 232.566.757,93	R\$ 232.781.199,98	R\$ 232.122.619,44	R\$ 232.337.061,49	R\$ 232.122.619,44	R\$ 235.856.718,89	R\$ 235.642.276,84
B.6	Valor residual	R\$ -									
B+B.6	TOTAL DE CUSTOS ECONÔMICOS COM VALOR RESIDUAL	R\$ 242.151.991,10	R\$ 241.937.549,05	R\$ 232.337.061,49	R\$ 232.566.757,93	R\$ 232.781.199,98	R\$ 232.122.619,44	R\$ 232.337.061,49	R\$ 232.122.619,44	R\$ 235.856.718,89	R\$ 235.642.276,84
#	FLUXO DE CAIXA SOCIAL (R\$)										
A+B	CONSOLIDAÇÃO BENEFÍCIOS E CUSTOS (SEM VALOR RESIDUAL)	R\$ 1.542.686.780,12	R\$ 1.538.484.279,73	R\$ 1.543.595.999,00	R\$ 1.538.805.794,31	R\$ 1.536.367.541,53	R\$ 1.534.777.845,00	R\$ 1.532.290.676,32	R\$ 1.530.207.959,09	R\$ 1.524.152.284,75	R\$ 1.522.002.093,03

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRRA-CESCON-RHEIN, 2021

Tabela 6-3 - Fluxos de caixa pela conciliação de benefícios e custos totais dos anos 21 a 30

#	BENEFÍCIOS (R\$)	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1+2+3	Redução de tempo no sistema	R\$ 1.605.026.904,33	R\$ 1.602.419.888,86	R\$ 1.599.808.053,07	R\$ 1.597.191.396,98	R\$ 1.598.996.761,47	R\$ 1.600.786.139,60	R\$ 1.602.559.531,37	R\$ 1.604.316.936,78	R\$ 1.606.058.355,84	R\$ 1.607.783.788,53
7	redução de emissões de poluentes atmosféricos;	R\$ 10.721.929,28	R\$ 10.725.815,55	R\$ 10.729.735,52	R\$ 10.733.689,20	R\$ 10.707.454,23	R\$ 10.681.317,49	R\$ 10.655.278,49	R\$ 10.629.336,79	R\$ 10.603.491,93	R\$ 10.577.743,45
8	redução de emissões de gases de efeito estufa;	R\$ 6.344.801,22	R\$ 6.537.513,99	R\$ 6.736.100,35	R\$ 6.940.739,94	R\$ 7.131.488,85	R\$ 7.327.503,42	R\$ 7.528.929,58	R\$ 7.735.917,38	R\$ 7.948.621,00	R\$ 8.167.198,93
12	redução do número de acidentes de trânsito;	R\$ 20.512.014,96	R\$ 20.519.449,76	R\$ 20.526.949,01	R\$ 20.534.512,75	R\$ 20.484.322,90	R\$ 20.434.320,95	R\$ 20.384.506,01	R\$ 20.334.877,21	R\$ 20.285.433,66	R\$ 20.236.174,51
11	redução do consumo de energia;	R\$ 112.675.247,89	R\$ 112.716.088,24	R\$ 112.757.282,62	R\$ 112.798.831,26	R\$ 112.523.131,71	R\$ 112.248.464,29	R\$ 111.974.824,15	R\$ 111.702.206,47	R\$ 111.430.606,44	R\$ 111.160.019,30
A	TOTAL DE BENEFÍCIOS	R\$ 1.755.280.897,68	R\$ 1.752.918.756,39	R\$ 1.750.558.120,58	R\$ 1.748.199.170,12	R\$ 1.749.843.159,16	R\$ 1.751.477.745,74	R\$ 1.753.103.069,61	R\$ 1.754.719.274,63	R\$ 1.756.326.508,87	R\$ 1.757.924.924,72
#	CUSTOS ECONÔMICOS (R\$)	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
B.1	Custos Operacionais	R\$ 119.935.020,48	R\$ 119.935.020,48	R\$ 119.935.020,48	R\$ 119.977.273,07						
B.2	Custos de Manutenção	R\$ 76.687.477,09									
B.3	Despesas Administrativas	R\$ 33.518.141,66	R\$ 33.518.135,24	R\$ 33.518.160,64	R\$ 33.518.999,26	R\$ 33.518.986,71	R\$ 33.518.980,29	R\$ 33.518.986,71	R\$ 33.518.980,29	R\$ 33.518.986,71	R\$ 33.518.980,29
B.4	Outros Custos Operacionais	R\$ 5.359.453,84	R\$ 5.359.132,66	R\$ 5.360.402,62	R\$ 5.360.081,44	R\$ 5.359.453,84	R\$ 5.359.132,66	R\$ 5.359.453,84	R\$ 5.359.132,66	R\$ 5.359.453,84	R\$ 5.359.132,66
B.5	CAPEX	R\$ 356.625,83	R\$ 142.511,37	R\$ 989.145,90	R\$ 775.031,45	R\$ 356.625,83	R\$ 142.511,37	R\$ 356.625,83	R\$ 142.511,37	R\$ 356.625,83	R\$ 142.511,37
B	TOTAL DE CUSTOS ECONÔMICOS SEM VALOR RESIDUAL	R\$ 235.856.718,89	R\$ 235.642.276,84	R\$ 236.490.206,73	R\$ 236.318.862,32	R\$ 235.899.816,53	R\$ 235.685.374,48	R\$ 235.899.816,53	R\$ 235.685.374,48	R\$ 235.899.816,53	R\$ 235.685.374,48
B.6	Valor residual	R\$ -	R\$ 66.676.661,66								
B+B.6	TOTAL DE CUSTOS ECONÔMICOS COM VALOR RESIDUAL	R\$ 235.856.718,89	R\$ 235.642.276,84	R\$ 236.490.206,73	R\$ 236.318.862,32	R\$ 235.899.816,53	R\$ 235.685.374,48	R\$ 235.899.816,53	R\$ 235.685.374,48	R\$ 235.899.816,53	R\$ 169.008.712,82
#	FLUXO DE CAIXA SOCIAL (R\$)										
A+B	CONSOLIDAÇÃO BENEFÍCIOS E CUSTOS (SEM VALOR RESIDUAL)	R\$ 1.519.424.178,78	R\$ 1.517.276.479,55	R\$ 1.514.067.913,85	R\$ 1.511.880.307,80	R\$ 1.513.943.342,63	R\$ 1.515.792.371,26	R\$ 1.517.203.253,08	R\$ 1.519.033.900,15	R\$ 1.520.426.692,34	R\$ 1.522.239.550,24

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRÁ-CESCON-RHEIN, 2021

6.2. ANÁLISES DE SENSIBILIDADES

As análises de sensibilidade consistem na alteração de diferentes variáveis de forma a se entender a elasticidade dos resultados. É indicado variar os parâmetros de incerteza e maior impacto para a modelagem, no caso, escolhemos variar os benefícios relacionados à redução de tempo, benefícios totais e taxa de desconto utilizada nos Fluxos Sociais.

Elas complementam as análises geradas permitindo entender o quão sensível é o resultado obtido e como ele poderia variar em outras circunstâncias, caso os dados de entrada não fossem exatamente os projetados. Servem também, em alguma medida, como análise de risco sob as óticas econômica e social.

Cabe ressaltar que os valores de OPEX e CAPEX não serão modificados, sendo mantidos inalterados para todas as simulações. Isso pois, no contexto do estudo atual, o risco de variação desses parâmetros, no âmbito da concessão, recairá sobre o operador privado. E, assim, podemos afirmar que variações sobre os valores do cenário não impactarão o cálculo dos benefícios para a sociedade como um todo.

Variações nos benefícios totais gerados da concessão

A primeira análise de sensibilidade considerou os benefícios sociais gerados em sua totalidade no período de concessão para gerar o leque de resultados apresentado a seguir. Os benefícios sociais totais foram variados a partir dos valores considerados no cenário base, em um intervalo entre -30% e 30%.

De forma geral, observa-se que mesmo nos piores cenários o VSPL se mantém muito positivo, por exemplo com R\$ 5,8 bilhões para uma redução dos benefícios totais em 30% e um aumento em R\$ 4,5 bilhões do VSPL para um aumento de 30% dos benefícios sociais. Isso mostra a robustez dos benefícios gerados para a sociedade pelo projeto.

Tabela 6-2 - Variação nos Benefícios sociais totais

	Sensibilidades	VSPL (R\$ milhões)	B/C
Variação no total de benefícios	-30%	5.830,20	2,18
	-20%	7.354,30	2,49
	-10%	8.878,39	2,80
	0%	10.402,48	3,11
	+10%	11.926,57	3,42
	+20%	13.450,66	3,73
	+30%	14.974,75	4,04

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Variações nos benefícios associados aos ganhos de tempo

Esta análise de sensibilidade considerou os benefícios sociais oriundos dos ganhos de tempo pelos usuários da matriz de mobilidade urbana, tido como o maior entre os benefícios gerados com uma representatividade com cerca de 90% dos benefícios calculados.

De forma geral, observa-se o mesmo padrão de resultado da simulação anterior, com um VSPL se mantendo sempre bastante positivo, com um mínimo de R\$ 6,2 bilhões para uma redução do benefício em 30%, indo até R\$ 14,5 bilhões caso o benefício de redução de tempo aumente 30%.

Tabela 6-3 - Variação no benefício de redução de tempo

	Sensibilidades	VSPL (R\$ milhões)	B/C
Variação no benefício de redução de tempo	-30%	6.235,35	2,26
	-20%	7.624,39	2,54
	-10%	9.013,43	2,83
	0%	10.402,48	3,11
	+10%	11.791,52	3,39
	+20%	13.180,56	3,68
	+30%	14.569,60	3,96

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Variações na TSD e o impacto nos demais indicadores de custo-benefício

Por fim, foi realizada análise de sensibilidade variando a Taxa Social de Desconto (TSD). São indicados nas literaturas disponíveis relacionadas a análise de custo-benefício diferentes valores da taxa que são adotados em diferentes países de acordo com suas próprias peculiaridades locais. Para o cenário base foi utilizado, conforme já explicado anteriormente, a TSD recentemente recomendada pelo Ministério da Economia no valor de 8,5%.

Sobre este valor de TSD foram aplicadas variações de 1,5% para mais ou para menos a fim de verificar o impacto os indicadores de benefícios sociais como VSPL e Índice B/C:

Tabela 6-4 - Variação da TSD

Sensibilidades	7,00%	8,50%	10,00%
VSPL (R\$ milhões)	12.717,07	10.402,48	8.596,80
B/C	3,35	3,11	2,90

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

Novamente os resultados se mostraram bastante robustos, com VSPL e B/C sempre positivos, ainda que tendo variado relativamente bastante se comparados os extremos da tabela.

7. GESTÃO E INDICADORES SOB RESPONSABILIDADE DO CONCESSIONÁRIO

Como já apresentado na parte de metodologia, os estudos de ACB avaliam indicadores e benefícios sob a ótica da sociedade como um todo. E existe a expectativa de que esses benefícios sejam atingidos com a implementação do projeto analisado. Entretanto, sob a ótica do futuro concessionário privado os indicadores aqui calculados são externalidades ao seu negócio, não cabendo a esse a gestão dos mesmos.

Evidentemente o concessionário tem sim um papel relevante para que o projeto seja executado, e operacionalizado, adequadamente. Esse será o seu papel, que junto à ação de outros stakeholders, contribuirá para que os benefícios para sociedade ocorram.

Desse ponto de vista, podemos entender que dois grandes temas devem ser observados, no contexto do projeto aqui analisado:

(i) O primeiro é a entrega da extensão da Linha 2 e da requalificação e ampliação da Linha 1 dentro do prazo previsto. A entrega no prazo previsto da expansão do sistema, no ano 6 da concessão, é um fator crítico para que se tenha o *ramp-up* e ampliação da demanda de passageiros atendidos pelo sistema. E esse aumento de demanda está diretamente associado ao ganho de tempo para todos os usuários do sistema de transportes da região metropolitana de BH, o que leva a todos os principais benefícios para a sociedade conforme cálculos anteriormente realizados. Nesse contexto, os indicadores que devem ser observados ao longo do tempo são aqueles associados ao plano de expansão e CAPEX, discutidos nos relatórios técnicos anteriores do estudo. E cujos marcos de entrega deverão constar do caderno de encargos associado ao contrato de concessão. Adicionalmente, a fim de criar um modelo de incentivo adequado para estimular a requalificação e extensão do sistema no prazo, o acesso do futuro concessionário aos subsídios públicos estará associado a marcos técnicos e a entrega do CAPEX inicial (primeiros 6 anos). Esse tema será analisado e detalhado na Avaliação Econômico-Financeira da Concessão (Relatório RT08).

(ii) Um segundo grande tema que o concessionário deverá gerenciar é que a operação tenha um bom nível de serviço para seus usuários, novamente buscando atender a maior demanda possível de passageiros de forma sustentada ao longo do tempo. Nesse sentido os indicadores que deverão ser observados são os de *Service Level Agreement* (SLA) da operação que indiquem o nível de serviço esperado, incluindo o *headway* para que o sistema opere adequadamente. Esses indicadores serão detalhados e tratados com mais detalhes no Relatório de Proposição do Modelo de Concessão (Relatório RT09). Para se ter um incentivo a mais será alocado parte do aporte público inicial para que o concessionário tenha um ganho adicional, caso atinja os indicadores de qualidade e desempenho dois anos após a ampliação do sistema. Novamente, esse tema será analisado e detalhado na Avaliação Econômico-Financeira da Concessão (Relatório RT08).

Também cabe ressaltar que o atingimento dos indicadores de benefício calculados ao longo desse relatório dependerá de decisões e ações dos mais diferentes stakeholders que atuam junto ao sistema de transportes na região de estudo. Incluindo o poder público local (também poder concedente no caso) e suas políticas associadas à integração e gestão do sistema de transportes local, políticas tarifárias para usuários, entre outras.

8. OUTRA ÓTICA DE AVALIAÇÃO DO BENEFÍCIO DA CONCESSÃO

Até esse ponto adotamos a lógica metodológica acordada com o cenário *greenfield* como o contrafactual analítico. Essa análise indicou claramente o ganho econômico social de se ter o projeto em operação e com a expansão de linha esperada. No caso do cenário analisado para o sistema STU/CBTU BH temos uma expansão de linha (com a nova linha 2 além da revitalização e ampliação da linha 1 até a estação Novo Eldorado) que amplia muito o fluxo de passageiros em relação à linha existente atual, de modo que a análise realizada é bastante coerente no sentido de mostrar benefícios ampliados ao longo do tempo.

De todo modo, em adição a análise principal, julgamos relevante tecer alguns comentários acerca do eventual comparativo com o sistema existente, o que se colocaria como cenário contrafactual *brownfield*. Sendo um cenário contrafactual a operação do sistema pelo operador público atual, teríamos uma incerteza importante quanto à disponibilidade de recursos para efetivar o plano de investimentos, e ter a expansão do sistema no tempo estimado no cenário de análise.

Seguindo nessa análise, se o operador atual conseguir executar todo plano de investimentos no mesmo tempo e com o mesmo valor de investimento, teríamos uma situação de comparação onde poderíamos entender que a demanda futura seria muito similar, entre a operação pública e a operação concedida à iniciativa privada. Nesse caso o ganho de benefícios na comparação com o cenário contrafactual seria nulo.

Sem ganhos em termos de benefícios e nem no CAPEX nos restaria analisar o potencial ganho de eficiência da operação privada no que se refere ao OPEX.

Inicialmente se compararmos o OPEX construído para o ano 1 da concessão privada com o custo operacional de 2019 da operação pública, dado que 2020 é um ano muito atípico, o ganho obtido é da ordem de R\$ 89,55 milhões, indicando um ganho de eficiência importante e a consequente diminuição de necessidade de desembolsos públicos, nesse caso ainda com a operação apenas da linha 1.

Para extrapolar para os 30 anos considerados no presente estudo utilizaremos duas lógicas: (i) Mantendo OPEX público constante; (ii) Aumentando OPEX público de forma similar ao privado. Na primeira lógica, se tomarmos a concessão como um todo ao longo dos seus 30 anos teríamos algo como R\$ 703,54 milhões de economia em uma soma nominal. Em termos de valor presente teríamos a economia na ordem de R\$ 421,06 milhões durante toda a concessão. Nessa lógica estamos comparando um OPEX privado para operar linhas 1 + 2 (com a linha 1 requalificada e ampliada) com um custo atual público que atende apenas a operação da linha 1, com demanda muito menor do que a esperada. Naturalmente o OPEX público também teria que crescer de modo que é uma ótica de ganhos bastante conservadora⁴.

Em uma segunda lógica fizemos o OPEX público crescer com uma mesma curva de crescimento que o OPEX privado. Ou seja, tomamos a diferença percentual calculada para o Ano 1, onde o OPEX público é 52,60% superior. E usamos esse percentual para aumentar o OPEX público de modo que em cada um dos 30 anos ele seja 52,60% superior ao OPEX privado. Nesse caso teríamos uma diminuição do custo total em torno de R\$ 3,73 bilhões em todo período ou em termos de valor presente R\$ 1,25 bilhões durante toda a concessão, indicando um ganho de eficiência expressivo e diminuição de necessidade de desembolsos públicos. Nessa ótica a taxa de desconto pesa mais, pois os valores públicos são maiores em todo período, já na ótica 1 eles se aproximavam ao longo do tempo, dado que o OPEX Público não variava com o tempo.

⁴ O cálculo realizado para o OPEX público considera apenas o custo atribuído especificamente à CBTU/STU BH, porém não considera o custo da Administração Central da CBTU. Se este custo fosse rateado entre as diferentes STUs, a economia seria ainda maior.

De todo modo em ambas as óticas existe um ganho de eficiência, e menor OPEX na operação privada. Essa seria a principal justificativa em uma lógica de cenário contrafactual *brownfield* para seguir adiante com a concessão.

Na tabela 8-1 é mostrado um quadro sumarizado com o comparativo do OPEX da operação pública e privada, ilustrando o ganho monetário obtido com a concessão:

Tabela 8-1 - Quadro sumarizado com comparativos do OPEX da operação pública e privada

R\$ milhões

Tipo de Operação	Valor do OPEX no Ano 1	Soma nominal do OPEX em todos os anos	Soma em valor presente do OPEX em todos os anos	Soma nominal do OPEX em todos os anos (com op. pública 55,41% maior)	Soma em valor presente do OPEX em todos os anos (com op. pública 55,41% maior)
Operação Pública	259,78	7.793,54	2.791,86	10.819,34	3.617,84
Operação Privada	170,24	7.089,99	2.370,80	7.089,99	2.370,80
Ganho obtido	89,55	703,54	421,06	3.729,34	1.247,04

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2021

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de custo-benefício realizada conforme a metodologia escolhida, condizente com as boas práticas internacionais e nacionais do tema, e considerando um cenário contrafactual *greenfield*, indicou um significativo ganho para sociedade com a execução do projeto de expansão da rede metroviária na Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG. Com VSPL acima de R\$ 10,4 bilhões, TRE de 65,5% e um índice B/C de mais de 3 que indica que, considerando todo o período de concessão, os benefícios absorvidos pela sociedade são 3 vezes maiores que os custos econômicos envolvidos. A análise de sensibilidade realizada corroborou, de modo geral, com esse bom resultado em termos econômico-sociais gerado pelo projeto.

Um dos esforços principais do estudo foi quantificar, e monetizar, os principais benefícios sociais. Nesse quesito o grande destaque foi para os ganhos de tempo durante a jornada de deslocamento, em que cada usuário do sistema de mobilidade urbana como um todo ganha de 2 a 10 minutos por dia, ao longo do período de concessão, em relação ao cenário da inexistência do metrô. Também foram quantificados ganhos pela redução de poluentes atmosféricos, gases que contribuem para o efeito estufa, além da redução de acidentes e a redução de gastos com combustíveis, todos estes benefícios vistos como ganhos para a sociedade. Em grande medida a transferência dos passageiros oriundos de outros modos de transporte como carros, motos e ônibus é o indutor desses benefícios.

Foram ainda destacados outros benefícios, de natureza qualitativa, que serão apreciados pelos habitantes da RMBH, tais como a melhoria na universalização do acesso ao metrô, assumindo incrementos estruturais que permitem a idosos, gestantes e portadores de deficiência o uso do meio de transporte que irão gerar maior integração cultural, maior acesso a áreas comerciais e facilidades de incorporação ao mercado de trabalho e a educação.

Os custos econômicos considerados, incluindo CAPEX e OPEX, foram mais importantes nos primeiros anos da concessão, em função da expansão do sistema (CAPEX para abertura da nova Linha 2 e requalificação e ampliação da Linha 1), apontando para importância da boa gestão de riscos nos primeiros anos da concessão e uma execução cuidadosa do CAPEX.

Por fim, uma análise adicional, considerando o que seriam cenários contrafactuais *brownfield* contribuiu para reforçar os argumentos pela importância econômico-social da execução do projeto.

Consideramos que existe ampla evidência nesse sentido e deve-se, na sequência, considerar o melhor formato para viabilizar e subsidiar a concessão. Essa não deve se sustentar apenas a partir das receitas geradas pela tarifa dos usuários do sistema, como já foi indicado na análise de pré-viabilidade (RT02). O tema deverá ser analisado em maior profundidade na avaliação econômico-financeira definitiva do projeto (RT08).

10.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional do Petróleo (ANP) (2021), portal de pesquisa. Acesso por: https://preco.anp.gov.br/include/Resumo_Por_Estado_Municipio.asp
- Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) (2004), 'Guia Operacional de Acessibilidade para Projetos de Desenvolvimento Urbano com Critérios de Desenho Universal'
- Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) (2006), 'Evaluación Económica de Proyectos de Transporte'
- BHTRANS (2018), 'Relatório de Março / 2021 - Gerência de Controle, Estudos Tarifários e Tecnologia'
- BHTRANS (2019), 'Informações Sobre Acidentes De Trânsito Com Vítimas No Município De Belo Horizonte – Ano 2019'
- BRITO, A. N. e STRAMBI, O. (2007), 'Análise de características relacionadas à variação do valor do tempo de viagem de motoristas usando técnicas de preferência declarada'
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (2019), 'Emissões Veiculares no Estado de São Paulo'
- Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) (2019), 'Mobilidade no Sistema Viário Principal Volumes e Velocidades'
- Department for Environment Food & Rural Affairs (2020), 'Air quality appraisal: damage cost guidance'. Acesso por: <https://www.gov.uk/government/publications/assess-the-impact-of-air-quality/air-quality-appraisal-damage-cost-guidance>

- Empresa de Planejamento e Logística S.A. (EPL) (2019), 'Uso de inteligência de dados para planejamento de transporte e logística – Análise Custo-Benefício para empreendimentos de infraestrutura de transportes'
- European Commission (2014), 'Guide to cost-benefit analysis of investment projects: economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020'.
- Fundação Getúlio Vargas (FGV) (2010), 'Avaliação econômica de projetos de transporte: melhores práticas e recomendações para o Brasil'
- Gazeta do Povo (2019), 'Pesquisa revela a média anual de km rodado de carro pelo brasileiro'
- Gerência de Controle Estudos Tarifários e Tecnologia (GCETT) (2019), 'Relatório Gerencial: Sistema de transporte por ônibus Convencional e BRT de BH - Resultados Operacionais, Janeiro 2019'
- Harberger, Arnold C. (1972) 'Project Evaluation - Palgrave Macmillan'
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2021), portal de pesquisa. Acesso por: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/panorama>
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2016), 'Inserção urbana de habitação de interesse social: um olhar sobre mobilidade cotidiana e uso do solo'
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2020), 'Custos Dos Acidentes De Trânsito No Brasil: Estimativa Simplificada Com Base Na Atualização Das Pesquisas Do Ipea Sobre Custos De Acidentes Nos Aglomerados Urbanos E Rodovias'
- IPEADATA (2021), portal de pesquisa. Acesso por: <http://www.ipeadata.gov.br/exibeserie.aspx?stub=1&serid1739471028=1739471028>

- MACKIE, J. P. et al (2003), 'Values of Travel Time savings UK. Institute of Transport Studies, University of Leeds, Working paper 567.'
- Ministério da Economia (2020), 'Guia Prático de Análise Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura'
- Movimento Tarifa Zero BH (2017), 'Estudo Econômico Do Sistema De Transporte Coletivo De Belo Horizonte: Cálculo Tarifário 2017'
- Nordhaus, William D. (2017) 'Revisiting the social cost of carbon'
- ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. (2011) 'Modelling Transport. 4th ed. John Wiley and Sons'
- Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura (SDI) (2020), 'Nota técnica SEI nº 19911/2020/ME intitulada "Taxa social de desconto para avaliação de investimentos em infraestrutura: atualização pós consulta pública"'
- Transport and Environmental Policy Research (2014), 'Update of the Handbook on External Costs of Transport'
- Vasconcellos, E.A. (2012) Artigo 'O transporte urbano no Brasil' Diplomatique Edição 59 de 01/06/2012
- World Bank (2005), 'Notes on the Economic Evaluation of Transport Projects – TRN15'