



28ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA



A ANÁLISE DO DESEQUILÍBRIO EXERGÉTICO COMO FERRAMENTA DE VALORAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL EM SISTEMAS DE TRANSPORTES

Amaro Krob, Andréa Collin



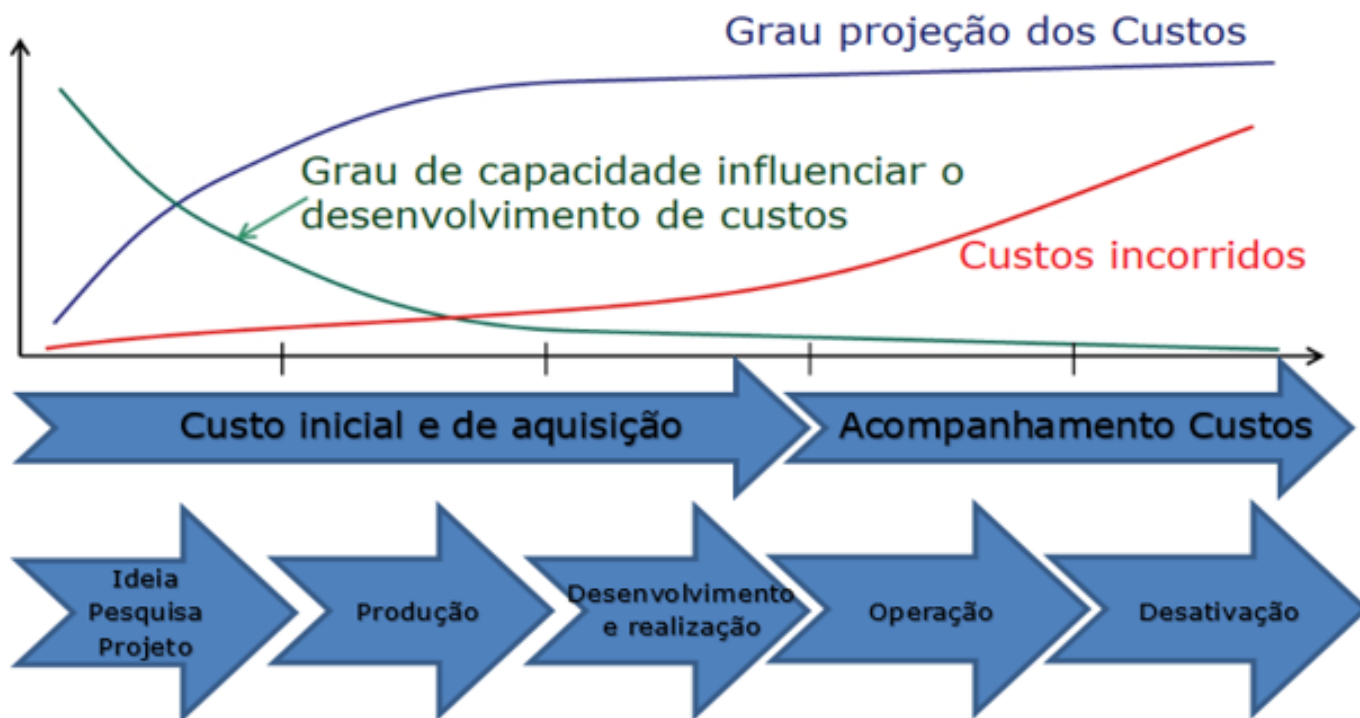
INTRODUÇÃO



Contextualização

Este trabalho tem como objetivo avaliar o impacto da escolha do sistema de transporte no atendimento das necessidades sustentáveis dos grandes e médios centros urbanos, analisando o desequilíbrio exergético existente na interação deste com o meio, bem como a influência do mesmo no cumprimento das metas relacionadas com a Agenda 2030 da ONU.

DIAGNÓSTICO



Fonte da imagem: <https://www.life-cycle-costing.de/>

Modais Analisados

- Bus Rapid Transit (BRT)*
- Veículo Leve sobre Trilhos (VLT)
- AEROMOVEL (People Mover)
- Electric Bus Rapid Transit (e-BRT)*

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

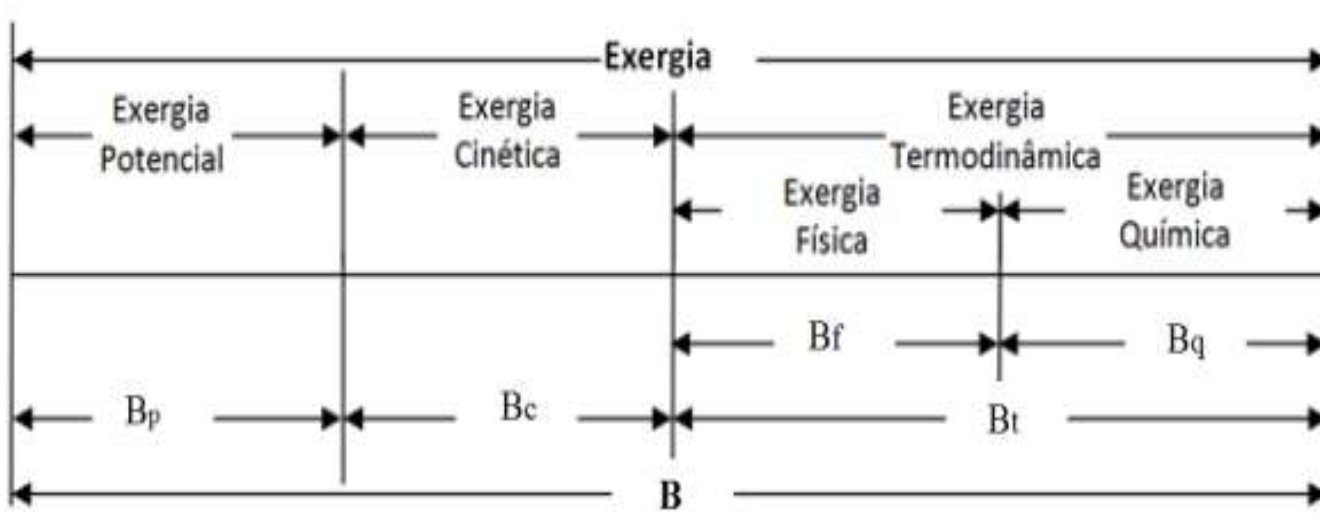


Figura 1. Componentes da exergia do fluxo de uma substância [1].

$$B_{Tot} = B_c + B_p + B_q + B_f \quad (1)$$

Definição de Exergia

É a quantidade de trabalho obtida quando uma substância é levada ao estado de equilíbrio termodinâmico, com elementos comuns ao ambiente através de processos reversíveis. A exergia incorpora em sua definição tanto a 1ª como a 2ª Lei da Termodinâmica, pois aponta não apenas para a quantidade de energia de um sistema, como para a sua qualidade, ou seja, sua capacidade de realizar um trabalho.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

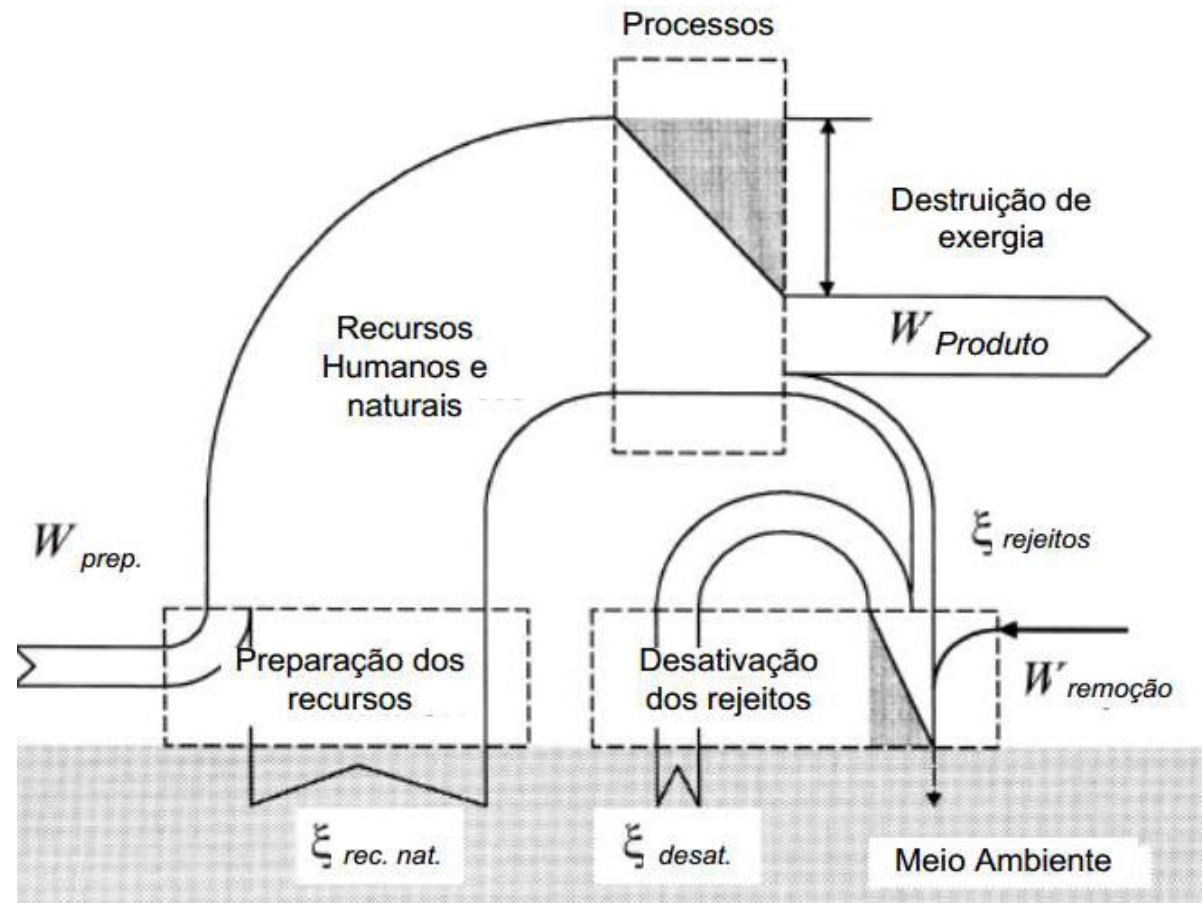


Figura 2. Fluxo exergético durante a vida de um produto ou serviço [1].

Fluxos Exergéticos

A contabilização dos fluxos exergéticos engloba diferentes fases no ciclo de vida da produção de um bem ou serviço, conforme representa a Figura 2. O consumo de exergia começa na preparação dos recursos naturais, onde são extraídos e processados os insumos oriundos das reservas de recursos naturais ($\xi_{rec. nat.}$) e energia para a transformação ($W_{prep.}$).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

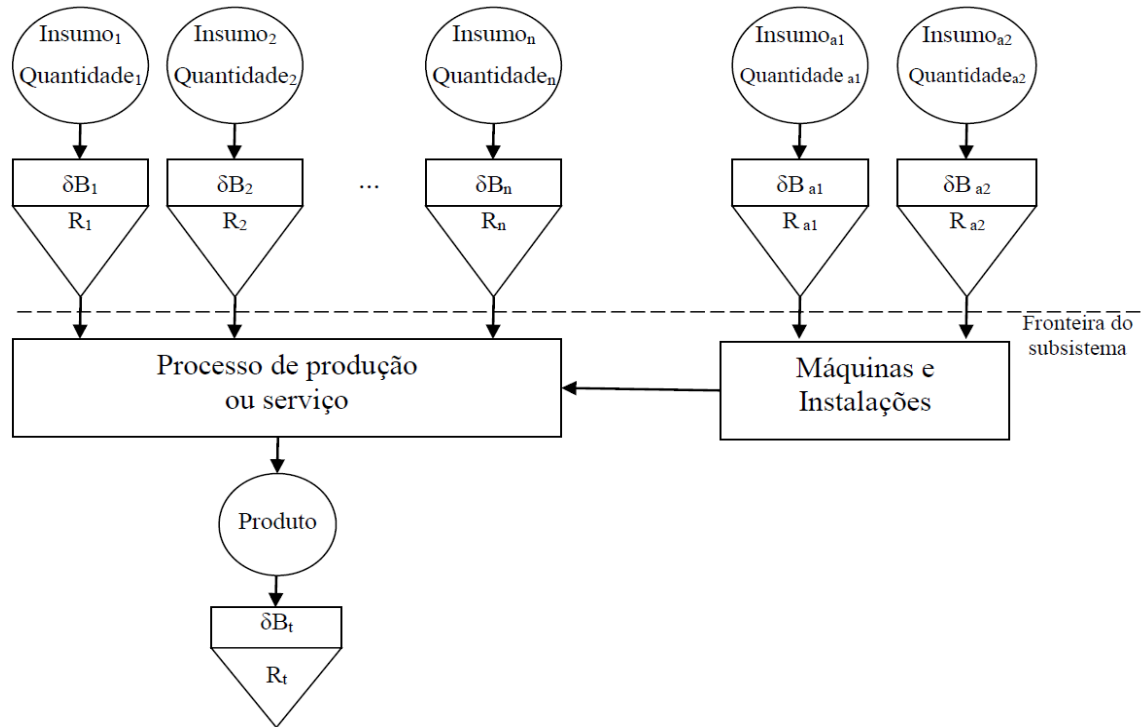


Figura 3. Consumo cumulativo de exergia no método sequencial [6].

$$CE_{xT} = \frac{CE_{xCGlobal}}{Trabalho_{Realizado} [MJ/p-km]} \quad (2)$$

Custo Exergéticos

Com isto, é possível obter o custo exergético em sistemas de transporte, através da contabilização de todos os subsistemas, como: infraestrutura, veículos, combustível (construção e manufatura), operação, manutenção e destinação.

Considerando que o trabalho realizado no transporte de pessoas é expresso em passageiro-quilômetro ($p-km$), o custo exergético de transporte (CE_{xT}) pode ser representado conforme a equação 2.

TRANSPORTE SUSTENTÁVEL

Grupo Consultivo de Alto Nível da ONU



Mobilizing Sustainable Transport for Development, ONU, 2016. [23]

Definições

O grupo consultivo de alto nível do Fórum da ONU, define em seu relatório [23] que sustentabilidade em transporte é a prestação de serviço e infraestrutura para a mobilidade de pessoas e bens – que promove o desenvolvimento econômico e social, beneficiando as gerações atuais e futuras de uma maneira segura, acessível, eficiente e resiliente, minimizando o carbono e outras emissões, bem como os impactos ambientais.

TRANSPORTE SUSTENTÁVEL

Agenda 2030 da ONU



Figura 4b. Impactos dos transportes sustentáveis no alcance dos ODS [23]

Características Intrínsecas

Ao analisarmos a agenda 2030 da ONU, juntamente com o relatório do Fórum de alto nível [23] podemos observar que os ODS 2, 3, 7, 9, 11, 12 e 13, são influenciados direta ou indiretamente por características intrínsecas dos sistemas de transportes tais como: direito de passagem, sistema de propulsão, nível de automatização, consumo e emissões de poluentes em escala local e global de CO₂eq.

TRANSPORTE SUSTENTÁVEL

Características Intrínsecas



Figura 5. TROLLEYBUS em uma via de trânsito misto com demais veículos (ROW C) [1].



Figura 7. BRT em via com separação longitudinal e intersecções (ROW B) [1].



Figura 6. VLT Carioca em via com separação longitudinal e intersecções (ROW B) [1].



Figura 8. AEROMOVEL Trensurb / Aeroporto Salgado Filho em Porto Alegre, via segregada (ROW A) [4]

Direito de Passagem

O direito de passagem (do termo em inglês *right of way* - ROW) está associado a via de deslocamento

ROW C: vias com trânsito misto;

ROW B: separação física longitudinal e intersecções com outros veículos e pedestres;

ROW A: em via segregada, não possui nenhum tipo de intersecção ao longo do seu trajeto.

TRANSPORTE SUSTENTÁVEL

Características Intrínsecas



Figure 13. e-BRT em operação na cidade de Geneve – Suíça [27].



Figura 11. Ônibus elétrico que circula pela região central da capital paulista [26].



Figura 10. Veículo movido a hidrogênio com célula a combustível e baterias [1].



Figura 9. Sistema de propulsão patenteado pela empresa Aeromovel Brasil [4]

Sistema de Propulsão

A propulsão refere-se ao método de tração para transferência de força e aceleração. Os sistemas de transportes possuem diferentes tipos de unidades de tração, como por exemplo, os veículos autopropelidos, ou seja, que possuem sistema de propulsão embarcado, podendo utilizar motor elétrico (ME), motor de combustão interna (MCI), células a combustível (CaC) como hidrogênio, ou ainda, os sistemas de propulsão externa (cabo ou ar) [24].

TRANSPORTE SUSTENTÁVEL

Nível da Automação

O nível de intervenção dos operadores em sistemas de transportes pode se dar de modo manual-visual, manual-instrumentos, automático ou através de uma combinação destes. Os *People Movers*, pertencentes à categoria de sistemas automáticos de movimentação de pessoas, também conhecida como *Automated Transit System (ATS)*, refere-se aos sistemas de transporte de passageiros guiados de forma totalmente automática em via exclusiva.

TRANSPORTE SUSTENTÁVEL

Emissão de poluentes

Conforme Andersen [28], diretora executiva do programa da ONU para o Meio Ambiente (PNUMA), o setor de transporte global contribui com um terço de todas as emissões de gases de efeito estufa.



Figura 14. O acúmulo de partículas de borracha no meio ambiente [29].

TRANSPORTE SUSTENTÁVEL

Peso morto transportado

O peso morto transportado tem relação direta no resultado da análise exérgica, bem como na eficiência do modal, uma vez que representa uma grande parcela do consumo de energia do sistema operando com a oferta mínima de serviço.



Figura 18. Relação do peso morto transportado [4]

METODOLOGIA

Caracterização do modelo

A metodologia da análise exérgica aplicada neste diagnóstico orienta-se pelo estudo de caso realizado por Seguei Nogueira [1] com as tecnologias BRT, VLT e AEROMOVEL, operando em um corredor troncal hipotético com 10 km de extensão, capacidade máxima de até 15.000 passageiros/hora-sentido e tempo de depreciação de 30 anos. A figura 15 apresenta o corredor de transporte utilizado na análise realizada.

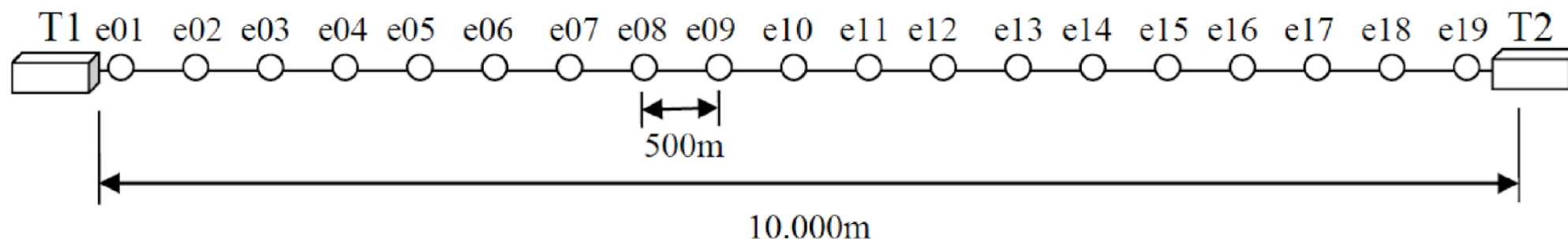


Figura 15. Perfil do corredor de transporte utilizado [1]

METODOLOGIA

Caracterização dos Modais de Transportes

Característica	BRT	VLT	AEROMOVEL
Direito de passagem	ROW B	ROW B	ROW A
Capacidade do veículo	205 p	405 p	300 p
Viagens-sentido máximo	74	38	50
Número de veículos da frota	72	44	53
Tempo de parada nas estações	21 s	21 s	21 s
Intervalo entre veículos	44 s	95 s	72 s
Veloc. média de operação	21 km/h	21 km/h	21 km/h
Tempo total de viagem	25 min	25 min	25 min
Depreciação do veículo	10 anos	30 anos	30 anos
Depreciação da via e modal	10 anos	30 anos	50 anos

Tabela 1. Perfil do corredor de transporte utilizado [1]

METODOLOGIA

Emissões atmosféricas

Embora ocorra a emissão de uma grande variedade de gases para a atmosfera durante o ciclo de vida de um modal, a metodologia utilizada em [1] propõe a contabilização dos gases oriundos da combustão, tais como CO, CO₂, NO_x, SO_x, MP e HC.

GPW	CO ₂	CO	HC	NO _x	SO _x	MP
[kgCO _{2eq} /km]	1	3	25	298	-	-

Tabela 4. Fatores de equivalência do GWP em relação ao CO₂ [1].

GWP (Global Warming Potential, ou potencial de aquecimento global) é medida que mostra quanto uma determinada massa de um gás de efeito estufa contribui para o aquecimento global.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise exérgica do ciclo de vida dos modais

EMISSÕES	GWP	ξ_{em} eq.	INVENTÁRIO DE EMISSÕES [g/km]				EXERGIA (ξ_{em}) [kJ/km]				GWP [kgCO ₂ eq/km]			
	kgCO ₂ eq/kg	kJ/kg	BRT	e-BRT	VLT	AEROM	BRT	e-BRT	VLT	AEROM	BRT	e-BRT	VLT	AEROM
CO ₂	1	451	2.635,00	1.980,00	2.000,00	1.075,00	1.188,39	892,98	902,00	484,83	2.635,00	1.980,00	2.000,00	1.075,00
CO	3	9.821	3,64	3,28	1,87	0,86	35,75	32,21	18,37	8,45	10,92	9,84	5,61	2,58
NO _x	25	1.209	5,60	5,35	3,03	1,44	6,77	6,47	3,66	1,74	140,05	133,75	75,75	36,00
HC	298	51.840	3,43	3,42	0,99	0,59	177,81	177,29	51,32	30,59	1.022,14	1.019,16	295,02	175,82
MP	11.935	34.150	0,16	0,15	0,22	0,11	795,00	5,12	7,51	3,76	1.909,60	-	-	-
Total =>			2.648	1.992	2.006	1.078	2.204	1.114	983	529	5.718	3.143	2.376	1.289

Tabela 4. Impacto das emissões durante o ciclo de vida dos Modais (Adaptada de [1]).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Impacto das emissões durante a operação

DESCRIÇÃO	Unidade	BRT	e-BRT	VLT	AEROM
Capacidade do Veículo	(pass)	205	180	405	300
Passageiros	(p/h-sent)	12000	12000	12000	12000
Energia	(Wh/pass-km)	69	18	36	19
Dias Operação	(dias)	30	30	30	30
Horas Operação	(h/dia)	20	20	20	20
Viagens por hora	(viag/h)	59	67	30	40
Extensão da linha	(km)	10	10	10	10
Energia	(MWh/mês)	290.810	86.400	76.800	54.720
CO2 Equivalente	(Ton/mês)	85.788	25.488	22.656	16.142
Emissões Totais	150.074	57%	17%	15%	11%

Tabela 12. Emissão de CO2eq durante a operação [Autoria Própria].

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise da relação com os ODS

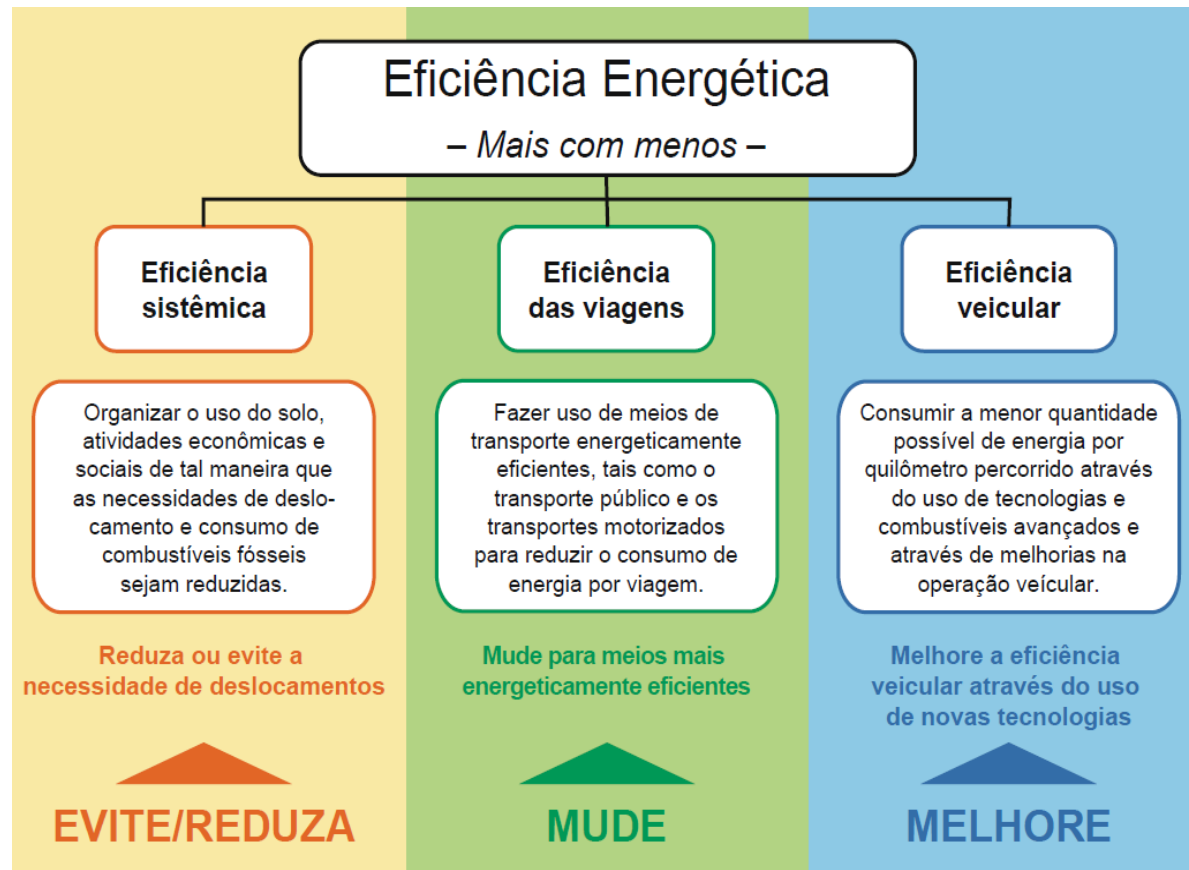


Figura 19. Abordagem clássica da OMS para melhorar o setor de transportes [35]

Questionamento e Reflexão:

“De que maneira os SISTEMAS DE TRANSPORTE, podem auxiliar no avanço econômico, social e ambiental de forma a EVITAR emissões, MUDAR os hábitos de locomoção das pessoas e MELHORAR o equilíbrio EXERGÉTICO em todo seu ciclo de vida, beneficiando as gerações atuais e futuras?” (autoria própria).

RESULTADOS E DISCUSSÕES



ASSEGURAR UMA VIDA SAUDÁVEL E PROMOVER O BEM-ESTAR PARA TODAS E TODOS, EM TODAS AS IDADES

“3.6 - Até 2025, reduzir pela metade as mortes por acidentes em estradas.”

“3.9 - Até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos, contaminação e poluição do ar e água do solo.”

EVITAR/REDUZIR:

- Evitar acidentes em estradas, 1.35 milhão de pessoas morrem a cada ano em decorrência de acidentes no trânsito;
- Reduzir pela metade o número de mortos e feridos por acidentes de trânsito em todo o mundo, até 2025;

MUDAR

- Para tecnologias que agreguem qualidade na experiência dos usuários, com viagens por vias exclusivas (ROW A), com segurança e conforto durante o trajeto, incentivando as pessoas a deixar seus veículos em casa;

MELHORAR

- Para melhorar qualidade do ar que respiramos nas metrópoles, é preciso incentivar a adoção de tecnologias de transporte de baixa emissão de CO_{2eq}.

RESULTADOS E DISCUSSÕES



ASSEGURAR O ACESSO CONFIÁVEL, SUSTENTÁVEL, MODERNO E A PREÇO ACESSÍVEL À ENERGIA PARA TODOS

“7.3 - Até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética”

“7.4 - Até 2030, reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas...”

EVITAR/REDUZIR:

- Reduzir o peso das composições em operação, reduzindo impacto na modelagem econômica;
- Reduzir as emissões locais na fase de operação;

MUDAR

- Mudar para tecnologias de baixo peso morto transportado, pois influencia as operações no vale da demanda;

MELHORAR

- A escolha dos modais, utilizando metodologias que contemplem uma análise completa do ciclo de vida, mirando um horizonte de médio e longo prazo e não apenas o menor investimento inicial.

RESULTADOS E DISCUSSÕES



CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES, INDUSTRIALIZAÇÃO SUSTENTÁVEL E INOVADORA

“9.1 - Desenvolver infraestrutura de qualidade, confiável, sustentável e resiliente, incluindo infraestrutura regional e transfronteiriça, para apoiar o desenvolvimento econômico e o bem-estar humano, com foco no acesso equitativo e a preços acessíveis para todos”

“9.2 - Promover a industrialização inclusiva e sustentável e, até 2030, aumentar significativamente a participação da indústria no setor de emprego e no PIB, de acordo com as circunstâncias nacionais, e dobrar sua participação nos países menos desenvolvidos”

EVITAR/REDUZIR:

- Evitar tecnologia exclusivas, pensando na mobilidade como um serviço (MasS), ou seja, unir tecnologias para levar pessoas do ponto A para o ponto B com segurança, economia de tempo e facilidade;

MUDAR

- Para uma nova mobilidade, relacionado com a oferta unificada, transportando os usuários por múltiplos modais com um único pagamento de forma transparente;

MELHORAR

- E aprimorar as plataformas existentes, visando uma mobilidade urbana *Eco Friendly*.

RESULTADOS E DISCUSSÕES



TORNAR AS CIDADES E OS ASSENTAMENTOS HUMANOS INCLUSIVOS, SEGUROS, RESILIENTES E SUSTENTÁVEIS

“11.2 - Até 2030, proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos...”

“11.3 - Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis, em todos os países”

EVITAR/REDUZIR:

- reduzir os espaços de estacionamento individual;
- reduzir o tempo desperdiçado no trânsito pelo cidadão;

MUDAR

- Para atrair usuários para os sistemas de transporte público, obtendo recursos para serem reinvestidos na expansão;

MELHORAR

- A utilização do espaço público, devolvendo a cidade para os cidadãos, ampliando os espaços de lazer e convívio.

RESULTADOS E DISCUSSÕES



ASSEGURAR PADRÕES DE PRODUÇÃO E DE CONSUMO SUSTENTÁVEIS

“12.2 - Até 2030, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais”

“12.4 - Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo...”

“12.5 - Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso”

EVITAR/REDUZIR:

- Reduzir a geração de resíduos adotando a métrica do desequilíbrio exergético para a escolha de tecnologias;

MUDAR

- Para sistemas com baixo peso morto transportado, faz parte da estratégia da tecnologia *Eco Friendly*.

MELHORAR

- A harmonia com a natureza, estimulando a sociedade no caminho do conhecimento e potencial dos sistemas de transportes para mitigação da emissão de gases do efeito estufa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES



TOMAR MEDIDAS URGENTES PARA COMBATER A MUDANÇA DO CLIMA E SEUS IMPACTOS

“13.3 - Melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta da mudança do clima”

(*) Reconhecendo que a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima [UNFCCC] é o fórum internacional intergovernamental primário para negociar a resposta global à mudança do clima.

EVITAR/REDUZIR:

- As emissões globais de gases de efeito estufa, pois o setor de transportes contribui com 23% das emissões relacionadas à energia e 18% de todas as emissões provocadas pelo homem na economia global [33].

MUDAR

- As métricas de escolha das tecnologias de transporte público, fornecendo subsídios aos gestores públicos;

MELHORAR

- A avaliação dos impactos no médio e longo prazo, utilizando a metodologia da análise exergética e não somente a escolha do menor custo.

CONCLUSÕES

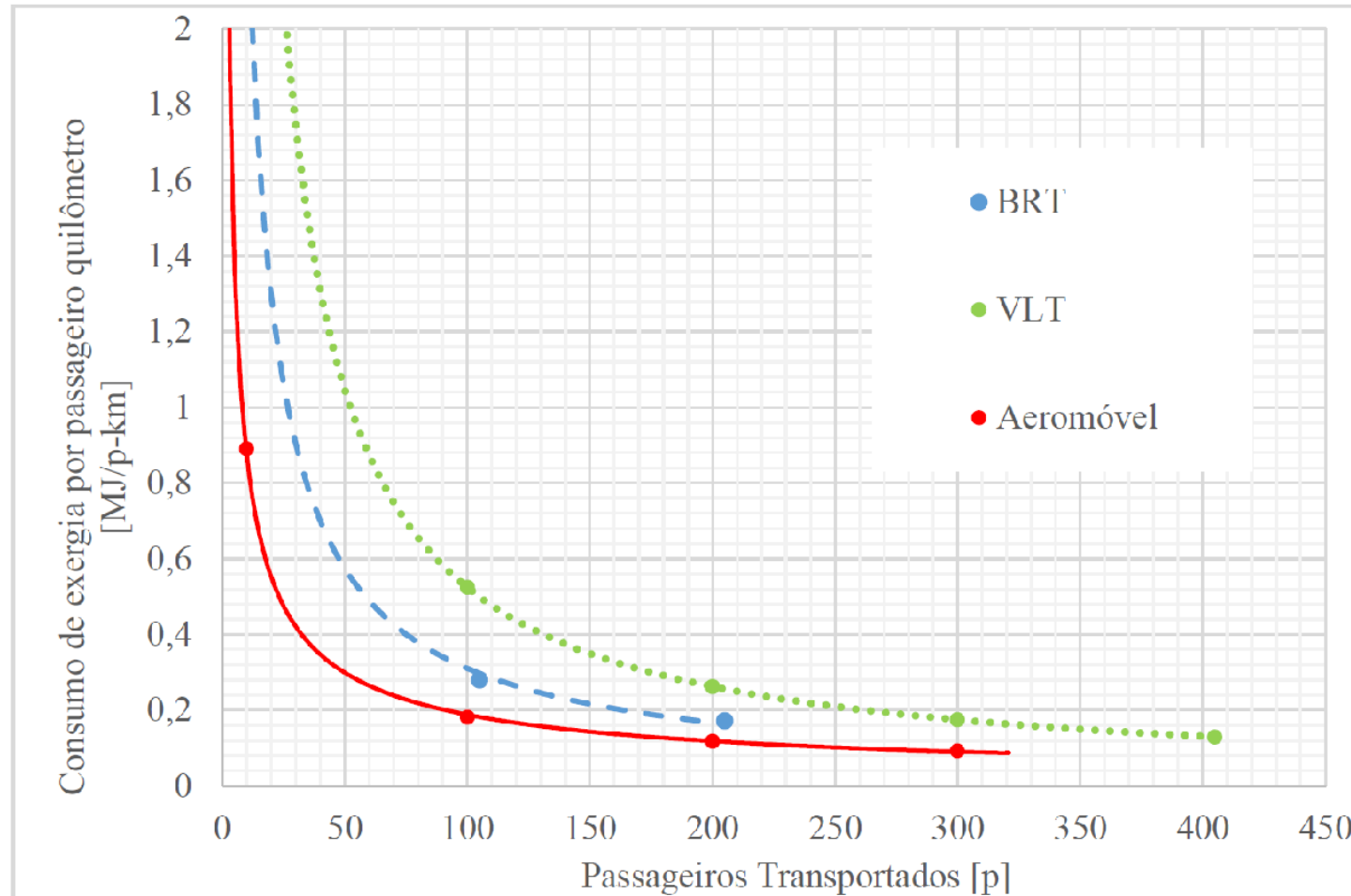


Figura 16. Consumo de exergia no transporte de passageiros [1].

CONCLUSÕES

Análise da emissão de CO_{2eq} durante a operação

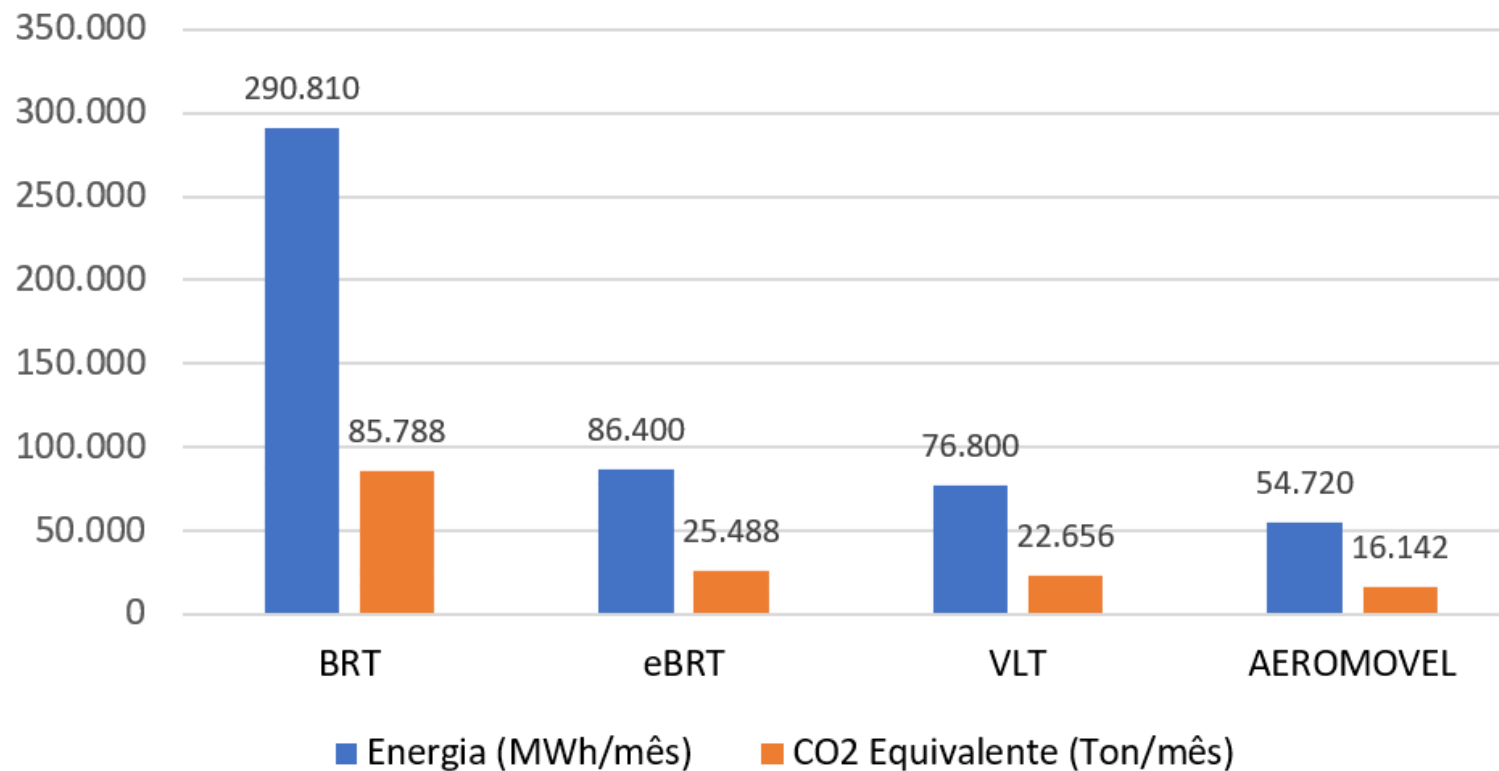


Figura 17. Consumo de energia x CO_{2eq} emitida [Autoria Própria].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Silva, S. N., Metodologia para a avaliação do impacto ambiental durante o ciclo de vida do modal de transporte coletivo urbano através de uma abordagem termodinâmica. Tese de Doutorado, UFRGS, Porto Alegre, RS, 2013.
- [2] Pereira, B. M. Avaliação do Desempenho de Configurações Físicas e Operacionais de Sistemas BRT. Dissertação de Mestrado, PPGE, UFRGS, 2011.
- [3] Pedroso, G. P., Avaliação comparativa de sustentabilidade de sistemas VLP (Veículo Leve sobre Pneus e VLT (Veículo Leve sobre Trilhos): um estudo exploratório Avaliação comparativa de sustentabilidade, Dissertação de mestrado, IPT, 2012;
- [4] O AEROMOVEL, Modal de transporte urbano automatizado em via elevada. <http://www.aeromovel.com.br/o-aeromovel/tecnologia/>
- [5] SIEMENS SAS, LIFE BeeBus - "Electric Bus Rapid Transit: high capacity Bus with zero local emissions", LIFE13 ENV/FR/000281
- [6] Szargut, J., Morris, D., Steward, F., Exergy analysis of thermal, chemical, and metallurgical processes. Ed. Springer, 1988;
- [7] Dincer, I., and Rosen, M. A., Exergy: Energy, Environment and Sustainable Development. Oxford, UK: Elsevier, 2007;
- [8] Rosen, M; Dincer, I., Exergy Analysis of Waste Emissions. International Journal of Energy Research, v. 23, p. 1153-1163, 1999;
- [9] Wall, G., Exergy, Ecology and Democracy - Concepts of a Vital Society. Apresentação, ENSEC'93 International Conferens on Energy Systems and Ecology", 5-9 July, 1993, Cracow, Poland, 1993;
- [10] Sciubba, E., A revised calculation of the econometric factors α - and β for the Extended Exergy Accounting method. Ecological Modelling, v. 222(4), p. 1060-1066, 2011;
- [11] Sciubba, E., The method of Extended Exergy Accounting: Fundamentals, procedures, application, 2011.
- [12] Costa, M., Princípios de Ecologia Industrial Aplicados à Sustentabilidade Ambiental e aos Sistemas de Produção de Aço. Tese de doutorado, COPPE, UFRJ, 2002;
- [13] Bösch, ME, Hellweg, S, Huijbregts, M.A., Frischknecht, R., Cumulative exergy demand LCA methodology applying Cumulative exergy demand (CExD) indicator to the ecoinvent database. International journal LCA, v. 12(3), p. 181-190, 2007.
- [14] Federici, M. Analisis Termodinamica Integrata dei Sistemi di Transporte in Diversi Livelli Territorial. Tese de Doutorado, Universidade de Siena, Itália, 2003. 145
- [15] Federici, M.; Ulgiati, S.; Basosi R.; Verdesca D., Efficiency and sustainability indicators for passenger and commodities transportation systems. The case of Siena, Italy. Ecological Indicators, v. 3, p. 155–69, 2003;
- [16] Dewulf, J.; Van Langenhove, H., Exergetic Material Input per Unit of Service (EMIPS) for the Assessment of Resource Productivity of Transport Commodities. Resources, Conservation and Recycling, v. 38, n. 2, p. 161
- [17] Takahashi, S., Avaliação Ambiental do Setor de Transporte de Cargas: Comparação de Métodos, Dissertação de mestrado, UFTPR, 2008;
- [18] Federici, M.; Ulgiati, S.; Basosi R.; A Thermodynamic, Environmental And Material Flow Analysis of the Italian Highway and Railway Transport Systems. Energy, v. 33(5), p. 760–75, 2008;
- [19] Ji, X.; Chenb, G.Q.; Chenb, B.; Jiang, M.M.; Exergy-Based Assessment for Waste Gas Emissions from Chinese Transportation., Energy Policy, v. 37, p. 2231-2240, Elsevier, 2009.
- [20] Seckin, C., Sciubba, E., Bayulken, A., Extended exergy analysis of Turkish transportation sector, Journal of Cleaner Production, v. 47, p. 422–436, 2012;
- [21] Federici, M.; Ulgiati, S.; Basosi R.; Air versus terrestrial transport modalities: An energy and environmental comparison. Energy, v. 34(5), p. 1493–503, 2009;
- [22] ANP Trilhos - Associação Nacional dos Transportadores de Passageiros sobre Trilhos, Setor Metroferroviário Brasileiro - Agenda de Governo 2019/2022.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[23] ONU, 2016. Mobilizing Sustainable Transport for Development. Analysis and Policy Recommendations from the United Nations Secretary-General's High-Level Advisory Group on Sustainable Transport.

[24] Vuchic, V. R., Urban transit systems and technology. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 2007;

[25] Oskar H.W. Coester, Empresário e inventor brasileiro. Wikipedia, Consulta em 12/05/20.

[26] OTM Editora. Transportes Modernos. Ônibus elétricos Caio já circulam em São Paulo.

[27] Lonoce, L. TOSA e-bus infrastructure. Grid Compatible Flash Charging Technology. 1st E-Mobility Power System Integration Symposium. Berlin, Germany, 2017.

[28] Andersen, Inger. Diretora Executiva do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Subsecretária - Geral das Nações Unidas ONU.

[29] Ramona Sieber, Delphine Kaweck, Bernd Nowack. Dynamic probabilistic material flow analysis of rubber release from tires into the environment. Environmental Pollution, 2019;

[30] Hallquist, Å. M., Jerksjö, M., Fallgren, H., Westerlund, J., Sjödin, Å.; Particle and Gaseous Emissions from Individual Diesel and CNG Buses, Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, v. 13, p. 5537-5350, 2013;

[31] CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2011. São Paulo, 120 p., 2012.

[32] IPEA – Instituto de Pesquisas Econômica Aplicada. Desafios da Mobilidade Urbana no Brasil. ISSN 1415-4765.

[33] Sustainable Mobility for All. Global Mobility Report 2017. Tracking Sector Performance.

[34] GIZ, Transporte Sustentável: Um Manual de Referência para Elaboradores de Política Pública em cidades em desenvolvimento

[35] World Health Organization. Global Status Report on Road Safety 2018. ISBN 978-92-4-156568-4.

[36] ONU, 2015. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: Objetivo 11 - Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.



200 ANOS
DE INDEPENDÊNCIA:
**TRILHOS PARA O
FUTURO
DO BRASIL**

13 a 16
SETEMBRO
2022

28ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

REALIZAÇÃO

 **AEAMESP**
ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DE METRÔ

 **ANP TRILHOS**
TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

 **CBTU**
CENTRO BRASILEIRO DE TREINAMENTO URBANO

A ANÁLISE DO DESEQUILÍBRIO EXERGÉTICO COMO FERRAMENTA DE VALORAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL EM SISTEMAS DE TRANSPORTES

Amaro Krob, Andréa Collin



Obrigado !!



“Seja VOCÊ a mudança que QUER ver no mundo” Mahatma Gandhi

28^a SEMANA DE TECNOLOGIA
METROFERROVIÁRIA