



EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA  
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO  
GERÊNCIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO LOGÍSTICO

---

## **Plano Nacional de Logística - PNL**

# **Perspectivas tecnológicas para Cenários de Transportes**

---

## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. TENDÊNCIAS EM TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE E LOGÍSTICA .....	3
2.1. Transformação digital na logística .....	4
2.2. Tendências no transporte rodoviário de cargas .....	6
2.3. Tendências no transporte ferroviário .....	9
2.4. Tendências no transporte marítimo .....	10
2.5. Tendências na infraestrutura rodoviária .....	14
2.6. Tendências no transporte aéreo .....	15
2.7. Tendências no transporte terrestre de pessoas .....	19
3. DIRETRIZES PARA PROJEÇÕES DE DEMANDA E MODELAGEM DE CENÁRIOS FUTUROS NO PNL 2035 .....	22
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	29

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo do presente relatório é apresentar um relato sucinto dos principais aspectos que ajudam a traçar perspectivas tecnológicas para cenários futuros de transporte para o PNL 2035, com foco nos serviços e na oferta.

Abordamos algumas das principais tendências de inovações tecnológicas que podem impactar nas operações de transporte nos próximos anos, e conseqüentemente, alterar os custos ou tempo operacionais dos diferentes modos, sendo esses, atributos que podem ser simulados nos cenários do PNL 2035.

## 2. TENDÊNCIAS EM TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE E LOGÍSTICA

Para prepararmos as infraestruturas e os serviços de transportes do Brasil para um mundo integrado, e com expectativas imediatas, é essencial observar as tendências que alterarão a logística como conhecemos nos próximos anos. A não observância dessas tendências pode prejudicar a competitividade de produtos brasileiros no mercado externo e agravar problemas logísticos de demandas internas, visto que vários países estão redesenhando suas infraestruturas, legislações e operações de transporte baseadas em novas tecnologias que buscam uma logística mais sustentável ambientalmente e economicamente.

A incorporação de tecnologias disruptivas no ambiente da logística e transportes é uma realidade, e um dos impulsionadores dessa nova dinâmica é o *e-commerce* internacional. O transporte de mercadorias, seja para consumidor final, ou para insumos em cadeias de produção específicas, tende a se aproximar da entrega imediata (*on time*). Diferentes empresas pelo mundo já ofertam serviços de entrega no dia, ou entrega no dia seguinte, mesmo no transporte internacional, como aponta relatório do *Fórum Econômico Mundial* (WEF, 2018). Uma estimativa da DHL (2016), aponta que o *e-commerce* internacional ocupará 22% do comércio exterior já em 2020, e a taxa de crescimento anual será, em média, de 17% até 2025. O Brasil se insere nesse ambiente como um dos principais mercados consumidores.

Para atender às demandas com expectativa de entrega imediata, a infraestrutura e os serviços no Brasil necessitam aproveitar o potencial das tecnologias para manter a competitividade internacional. Novos conceitos de negócios surgem e prosperam no mundo

em questão de meses, como Uber Technologies Inc e Alibaba Group, alterando as tendências conservadoras de crescimento econômico, as necessidades das empresas e da população, e a forma com que a logística se insere nesses ambientes.

Mas o que esperar para o futuro? A *Internet das Coisas* (*Internet of Things* – IoT) é uma das tendências que impactará todos os modos de transporte. Conectar equipamentos, veículos, cargas e obter informações que possibilitam análises avançadas é a base para o incremento da eficiência logística do futuro. *Big Data* e *Inteligência Artificial* organizarão a complexa cadeia de eventos que constitui o sistema de transportes nacional e internacional. *Aplicativos e plataformas virtuais* aproximarão indústrias, produtores, atacado, varejo, empresas de transporte, caminhoneiros e consumidores, com tendência de *compartilhamento de serviços e capacidades* e *roteirização dinâmica*, aumentando a eficiência dos transportes. Veículos de todos os modos serão *menos poluentes*, consumirão *menos combustíveis fósseis*, e necessitarão de *menor interação humana*. *Drones* vencerão barreiras geográficas e trarão dinamicidade às entregas. Rodovias, terminais, ferrovias, portos e aeroportos “*inteligentes*” incorporarão cada vez mais análises avançadas de dados, integradas às diferentes tecnologias citadas, e à *robótica*. Armazenagens serão minimizadas e *estoques serão virtuais*, devido à alta rotatividade e à gestão de informações de demanda e oferta. A *comunicação em tempo real* será proporcionada por redes 5G ou gerações futuras. Essas e outras inovações serão os componentes da Indústria 4.0 no âmbito da logística e dos transportes, e alterarão a produtividade, a segurança, os tempos de transporte e os custos, e por isso devem ser consideradas no PNL, mesmo que em cenários específicos.

Com esse intuito, as próximas seções do presente relatório buscam explorar, de forma sucinta, como as diferentes tendências devem ser tratadas nos cenários futuros do PNL 2035.

## **2.1. Transformação digital na logística**

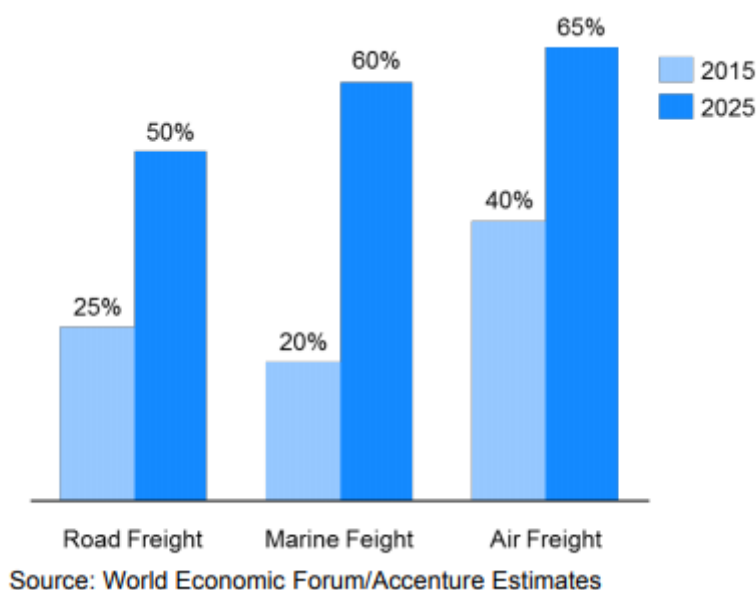
Estudos do Fórum Econômico Mundial (WEF, 2016) relacionados à logística apontam várias inovações que alterarão o conceito, os custos e a forma com que as empresas, transportadoras e consumidores interagem na logística do futuro. Algumas inovações estão mais distantes e dependem de regulamentação específica, de evolução tecnológica, de testes, ou de construção de cadeias produtivas que deixem custos de investimentos e equipamentos viáveis. Porém, a transformação da logística baseada na informação é algo

que já possui tecnologia desenvolvida instalada e em operação, com baixo custo de implantação se comparado aos benefícios que traz para o sistema.

O conceito baseia-se na valorização do uso da informação para tomada de decisões e direcionamento das ações que já fazem parte dos processos da cadeia logística. O uso de *Big Data* com dados operacionais e complementares, a *Inteligência Artificial* aplicada com *Machine Learning* (Aprendizado de máquina) e as *Análises Avançadas* são serviços de informação que possibilitam entender, prever e aumentar o desempenho logístico em diferentes áreas, tais como (WEF, 2016):

- Previsões de demanda direcionadas e segmentadas por diferentes perfis de clientes. Estima-se melhorias nas previsões de demanda futura de 10 a 20%, aumento das taxas de aproveitamento veicular em 5%.
- Otimização e redução de estoques, em até 20%.
- Otimização da manutenção de ativos (veículos ou infraestruturas) com melhoria na predição, programação e disponibilidade do ativo. Estima-se redução de custos de manutenção em até 30%, e a incidência de falhas em 75%.
- Otimização de rotas, reduzindo os custos de 5 a 10% e os prazos de entrega em até 10%.

Espera-se que a adoção de análises avançadas da informação, como processo presente nas tomadas de decisão e ações da logística aumente rapidamente entre os diferentes modos de transporte (Figura 3).



**Figura 3:** Estimativa de adoção de análises avançadas nos serviços logísticos – por modo.

Fonte: WEF, 2016

## 2.2. Tendências no transporte rodoviário de cargas

Uma das principais tendências do uso inteligente da informação é a integração de diferentes operadores da cadeia logística, buscando o compartilhamento de ativos, e assim, reduzindo custos. Plataformas e aplicativos já existentes no Brasil e no mundo permitem a compatibilização das demandas por transporte com as empresas transportadoras, caminhoneiros e veículos, como reflexo da apelidada “Uberização” (movimento que impulsionou o conceito de compartilhamento por meio de plataformas digitais). Estima-se que o modo de transporte mais impactado seja o rodoviário, justamente por ser o mais fragmentado geograficamente e com maior número de atores. Empresas e caminhoneiros poderão compartilhar suas capacidades (incluindo a viagem de retorno), e dessa forma, aumentar o aproveitamento veicular.

Segundo o WEF (2016), o compartilhamento de capacidades veiculares no transporte rodoviário pode gerar uma economia de US \$ 30 bilhões para o mercado americano. Considerando a divisão modal do País, isso traduz-se em uma redução de 3,19% no custo operacional do transporte rodoviário. Considerando que tais tecnologias já estão disponíveis e são de baixo custo de implantação, a estimativa é que 15% do mercado de transporte rodoviário de cargas já utilizem plataformas de compartilhamento de

capacidades até 2025. Se considerarmos a mesma taxa de crescimento adotada no citado trabalho, pode-se considerar que em 2035, no mínimo 30% do mercado adotaria essa inovação.

Além dos avanços nos serviços de informação, o desenvolvimento tecnológico veicular tende a impactar diretamente todo o mercado de transporte rodoviário. Veículos elétricos ou movidos por células de combustível hidrogênio são duas das tendências que alterarão o domínio de veículos movidos à combustíveis fósseis no futuro, com impactos nos custos operacionais, e principalmente, na redução de emissão de poluentes.

Para essa evolução, toda indústria automobilística está sofrendo severas alterações, além de ser necessário o estabelecimento de uma nova cadeia de abastecimento praticamente inexistente no Brasil. Ainda que alguns modelos de veículos híbridos (movidos à eletricidade e combustíveis fósseis) já estejam disponíveis comercialmente no País, verifica-se que os países mais adiantados em relação à essa transição já estabeleceram marcos regulatórios que tratam da proibição de comercialização ou de circulação de veículos movidos à combustíveis fósseis, tratando também de incentivos para a alteração da indústria e da cadeia de abastecimento. Alemanha, Noruega, Índia, França e Reino Unido são exemplos de nações com legislação vigente, e que projetam a transição para períodos variados entre 2025 e 2040. Grande parte dos regulamentos de outros países enfatizam que a transição deve ocorrer tanto para veículos leves, quanto para veículos pesados.

Há de se considerar, porém, que a indústria voltada à veículos elétricos está mais avançada para o mercado de leves do que de pesados. Isso ocorre devido à maior demanda de potência para veículos de carga, que acabam exigindo maior quantidade e capacidade de baterias elétricas, o que impacta no custo do veículo e pode comprometer sua viabilidade de aquisição.

Um estudo realizado em 2013 comparou diferentes opções de mercado de veículos de carga movidos tanto à eletricidade quanto à combustíveis fósseis (Macharis et al., 2013) e concluiu que o custo total de propriedade, que considera tanto custos de aquisição como de operação, seria menor para veículos comerciais elétricos com carga útil inferior à 1000 kg. Contudo, veículos elétricos com carga útil superior à 1000 kg, que demandam mais potência, perderiam a atratividade financeira perante os convencionais movidos à combustíveis fósseis.

Apesar do desafio para a indústria automobilística, o histórico de desenvolvimento tecnológico de equipamentos já mostrou em outros exemplos, como nos computadores, celulares e outros dispositivos móveis, que o desenvolvimento de soluções de alimentação cada vez mais baratas, mais eficientes e mais leves, é impulsionado pela evolução da demanda, e considerando a legislação vigente em vários países, soluções de veículos elétricos para o transporte rodoviário de cargas financeiramente vantajosas certamente surgirão até 2035, como apontam alguns estudos sobre o tema (*Electrification Coalition*, 2010; e DELIVER, 2012).

No Brasil, devemos considerar que já existem projetos de Lei em discussão sobre o assunto, como o PLS 304/2017, que sugere a proibição da comercialização de automóveis movidos à combustíveis fósseis até 2030 e a circulação destes a partir de 2040. O projeto contudo não trata de veículos de carga, e não trata de questões relevantes para a transição da indústria e da cadeia de abastecimento. Em que pese o texto tratar do assunto de forma superficial, o PNL deve considerar que o assunto está em pauta, e pode trazer alterações durante o horizonte do plano.

Uma referência que pode ser considerada com base nos dados apresentados no trabalho de Macharis et al., 2013, seria que os veículos elétricos com carga útil de até 1000 kg no seu estado tecnológico atual representam, em média, uma economia de 13% dos custos em relação aos movidos por combustíveis fósseis. Para fins de simulação no PNL 2035, e considerando a evolução tecnológica esperada para os 15 anos futuros, seria ainda conservador adotar que pelo menos metade dessa economia seja implementada no mercado de veículos pesados, mesmo aqueles com carga útil superior, porém com amplitude de alcance limitada à realidade brasileira, visto a inexistência de base legal que trate do assunto na perspectiva de curto prazo, e com fator ponderado pela taxa média de renovação da frota.

Outra inovação esperada no mercado para anos futuros são os veículos autônomos. Veículos autônomos de passeio ou coletivos de passageiros vêm sendo alvo de recentes pesquisas e evolução da indústria, estabelecendo uma espécie de corrida entre fabricantes na busca de soluções viáveis e, principalmente, seguras.



Embora ainda de forma modesta para veículos de carga, essa evolução já se apresenta em alguns protótipos, e promete os mesmos benefícios de redução de acidentes e de emissões de CO<sub>2</sub> que em veículos de passageiros.

De acordo com o WEF (2016), veículos autônomos de carga tendem a ser implantados como alternativas para a última milha, ou seja, a distribuição da carga nas zonas urbanas de destino. A otimização de acelerações e desacelerações poderia reduzir em até 12% o consumo de combustíveis nessas áreas, e reduzir em até 90% o número de acidentes causados por distração.

Alguns testes já estão sendo realizados com veículos de carga autônomos em rodovias dos Estados Unidos e da Alemanha. Porém, para a maioria desses protótipos, a tecnologia depende de cobertura da quinta geração de internet móvel (5G) ao longo do percurso, devido à necessidade de transmissão de dados em tempo real (baixa latência) e alta densidade de conexões por unidade de área, e ainda, de infraestrutura rodoviária preparada e padronizada, em termos de pavimentação, sinalização, ou faixas exclusivas - como propostas que vêm sendo tratadas em alguns países. Considerando a ampla rede rodoviária brasileira, e o status atual da rede de telefonia móvel, é prudente adotar que mesmo com a tecnologia veicular disponível, existiriam entraves de infraestrutura a serem vencidos para vislumbrar a operação de veículos de carga autônomos em viagens rodoviárias de longa distância. Sendo assim, sugere-se não considerar a implantação dessa tecnologia no horizonte do PNL 2035, mas acompanhar o desenvolvimento da tecnologia e da infraestrutura buscando avaliar sua simulação em cenários de planos futuros.

### **2.3. Tendências no transporte ferroviário**

Diferente dos veículos rodoviários, operações autônomas no transporte ferroviário não são novidade. Devido à integração entre operação, locomotiva e ferrovia, a automação já vem sendo estudada, testada e implantada no transporte ferroviário há alguns anos, com possibilidade de substituir, cada vez mais, ações humanas na ferrovia, transformando-as em verdadeiros robôs. Na Austrália, a *Rio Tinto Mining Company* já opera 1700 km de uma ferrovia de cargas em caráter autônomo, e mesmo no Brasil a tecnologia já está implantada no transporte ferroviário de passageiros (Metro de São Paulo).

Apesar da tecnologia disponível e do ambiente favorável, há de se considerar que o estímulo para a adoção de veículos autônomos no transporte ferroviário não é tão grande. Isso ocorre por que o custo dos maquinistas não é significativo em relação aos custos totais de operação das ferrovias, e por outro lado, os investimentos necessários para implantar a autonomia plena em ferrovias existentes, assim como os custos de operação, seriam superiores à manutenção da interface humana, como aponta estudo realizado por Bucsky (2018), considerando dados da DB Cargo, empresa Alemã que detém 25% do mercado de frete ferroviário europeu.

Sem o estímulo econômico, é pouco provável que as ferrovias brasileiras em operação passem por essa atualização. Assim sendo, recomenda-se a não consideração dessa tecnologia para simulações do PNL 2035.

O transporte ferroviário é alvo de constante evolução tecnológica na busca de soluções que propiciem maior velocidade. Trens de alta velocidade (200 a 300 km/h), soluções de transporte leves sobre trilhos e até de levitação magnética estão sendo desenvolvidos e implantados em diversos países, alcançando velocidades de até 1000 km/h, o que coloca esse modo de transporte mais rápido que o transporte aéreo comercial. Tais tecnologias, porém, são predominantemente utilizadas para o transporte de passageiros, e dependem de implantação simultânea da infraestrutura ferroviária junto aos veículos, inviáveis para conversão de ferrovias já implantadas e em operação. Há também de se considerar que cada solução tecnológica possui maior aderência, viabilidade econômica e operacional conforme as características do terreno em sua rota, demandas e perspectivas do projeto. Logo, para o caso do PNL 2035, é adequado que cada caso de eventuais novas ferrovias sejam estudados de forma particular, considerando as perspectivas de custo e tempo adequadas para cada projeto.

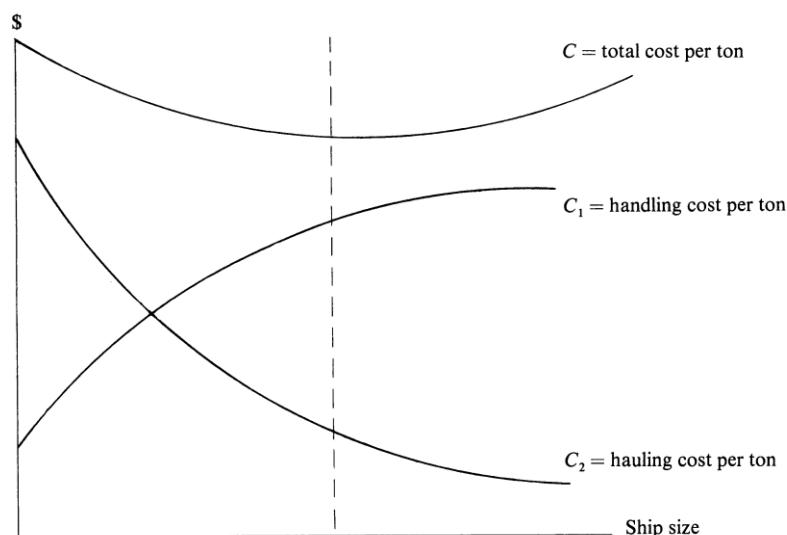
#### **2.4. Tendências no transporte marítimo**

O transporte marítimo evoluiu consideravelmente nas últimas décadas em termos de tamanho das embarcações. Os navios de containers aumentaram suas capacidades médias em 14 vezes em 43 anos, como aponta o *International Transport Forum* (Merk, 2018 e UNCTAD, 2020). A evolução do tamanho das embarcações trouxe uma economia de escala para o transporte marítimo que o coloca em posição vantajosa de competitividade para

grandes percursos do transporte internacional, e ainda, se sobressai como alternativa altamente viável para a cabotagem, principalmente no Brasil, considerando seus 9,2 mil km de contorno de costa.

O crescente e recente aumento do tamanho das embarcações, porém, gera custos consideráveis para os portos. As infraestruturas de acesso e de operação precisaram se adaptar tanto no que diz respeito ao atendimento de demandas cada vez maiores, quanto às adequações das vias de acesso e atracação. Essa é uma questão importante, principalmente, para os portos de acesso hidroviário, cujas características hidrográficas podem ser até impeditivas para mega embarcações, mesmo considerando obras de dragagem e manutenção constante.

Observa-se que as últimas gerações de navios geraram pouca economia de escala quando comparadas às gerações anteriores, indicando que a curva de custo por tonelada transportada está se aproximando da estabilidade. Isso é corroborado por trabalhos como de Jansson e Shneerson (1982), que apresentam os custos do transporte apresentam comportamento de uma curva exponencial negativa em relação ao tamanho das embarcações (Figura 4, Curva  $C_2$ ). Com as embarcações se aproximando à um “tamanho ótimo”, a tendência é que a evolução tecnológica do setor concentre-se na eficiência energética das embarcações.



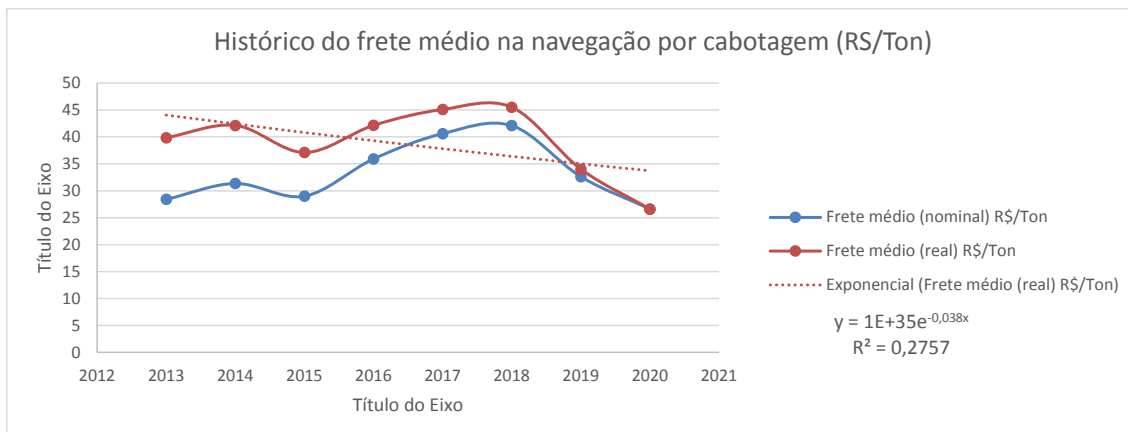
**Figura 4:** Comportamento das curvas de custos no transporte marítimo. Fonte: Jansson e Shneerson (1982).

Um trabalho do *International Transport Forum – ITF* (OECD/ITF, 2015) aponta que, de fato, nos últimos dez anos, a maior parte dos ganhos econômicos no transporte marítimo por navios de containers não ocorreu pela economia de escala do aumento dos cargueiros, e sim, pela evolução da eficiência dos motores. Essa eficiência se dá tanto pela tecnologia dos motores, que geram maior potência com menos combustível em comparação à gerações anteriores, quanto pela gestão otimizada das operações de baixa velocidade. Segundo o ITF, a geração de embarcações de containers fabricada a partir do ano de 2015 consome a mesma quantidade de combustível que a geração de 2003, porém, conseguindo transportar mais que duas vezes sua capacidade.

Considerando tais informações, é prudente adotar nos cenários futuros do PNL 2035 que a renovação da frota marítima nos próximos anos deve proporcionar maior eficiência média do consumo de propulsão para o sistema, com impactos nos custos do transporte. Recomenda-se que a tendência de redução dos fretes ou custos médios da navegação de cabotagem e de longo curso nos últimos 10 anos, se verdadeira, seja extrapolada conforme o comportamento das curvas para os anos futuros, simulando a renovação gradual da frota por embarcações com maior eficiência de propulsão e, conseqüentemente, menores custos.

A título de referência, observa-se que o preço médio do frete no transporte marítimo de cabotagem (Figura 5) apresenta real tendência de queda, como aponta as referências teóricas consultadas, podendo refletir o ganho da eficiência de propulsão, dentre outros fatores. A linha de tendência projetada com os dados da figura abaixo apresenta uma taxa de redução anual média de 3,76% ao ano, o que levaria à um cenário em que o custo no ano de 2035 estaria 67% menor que em 2017.

Os impactos nos custos devem considerar as taxas de renovação das frotas conforme a tendência.



**Figura 5:** Histórico e tendência do preço médio do frete na navegação de cabotagem  
(Fonte: ONTL, 2020 adaptado)

Outra inovação ascendente do transporte marítimo diz respeito à modernização dos portos. Segundo Dong *et al.* (2013), os maiores portos do mundo passaram por uma sequência de informatização, digitalização, culminando nos atualmente chamados “portos inteligentes”.

Portos inteligentes são descritos como “novos tipos de portos”, com sistema de transporte totalmente integrado apoiado pela aplicação de tecnologias avançadas baseadas na integração física, operacional e lógica. Ao contrário dos portos tradicionais, o porto inteligente oferece uma governança inteligente, transações comerciais rápidas e com menor burocracia e tempo de execução, gerenciamento inteligente e carga e descarga autônomas. Isso é possível pela união de tecnologias como IoT, Big Data, Inteligência Artificial e automação.

Segundo artigo da revista SAFETY4SEA (2018), alguns exemplos de portos inteligentes em operação podem ser encontrados em Singapura, Rotterdam, Shanghai e Dubai. Os ganhos da implantação dessa tecnologia são visíveis nos tempos das atividades portuárias, e podem produzir redução de custos logísticos em cerca de 10%, como aponta estudo de Jovic *et al.* (2019).

Considerando a transformação emergente nos portos do mundo, e os ganhos projetados dos portos inteligentes, é pertinente a consideração em cenários futuros do PNL 2035.

## 2.5. Tendências na infraestrutura rodoviária

A infraestrutura rodoviária já vem passando por processos de modernização no Brasil. As principais rodovias, sobretudo as outorgadas à iniciativa privada, possuem cobertura de internet móvel e fibra ótica que possibilitam comunicação ágil e auxilia a própria concessionária na gestão da operação. Cobranças de pedágio sem necessidade de parada já estão em operação na maioria das concessões, e a pesagem de veículos de carga remota ou em movimento (WIM – Weigh In Motion) estão em fase experimental.

Vislumbrando o futuro das rodovias de acordo com o que está sendo implantado pelo mundo, verifica-se que uma rede de comunicações rápida e eficiente (como a proporcionada pela 5G), o uso de equipamentos fixos ligados à internet (IoT), o Big Data, a inteligência artificial e o aprendizado de máquina, são recursos que constituem as rodovias inteligentes, e possibilitam uma operação mais fluida, mais segura, e eficiente.

As possibilidades são inúmeras, e vão desde iluminação que acompanha o tráfego, causando redução de consumo de energia na rodovia, até sensores e sinalização que possibilitam o uso de veículos autônomos com segurança.

O conhecimento do tráfego em tempo real possibilitam ao Centro de Operações o gerenciamento eficiente e podem antever necessidades de manutenção antes que os problemas ocorram, reduzindo custos e interrupções para os usuários (National ICT Australia, 2014). Redução de custos de manutenção com a infraestrutura podem chegar a até 10% com a predição de intervenções através do conhecimento do tráfego.

Considerando o atual modelo de gestão das rodovias no Brasil, onde as principais infraestruturas são delegadas à iniciativa privada, e ainda, a dificuldade financeira e orçamentaria do poder público arcar com investimentos, manutenção efetiva e gerenciamento do tráfego nas demais rodovias, a tendência é que esses exemplos de tecnologias sejam implantadas nas rodovias concedidas, e que seus impactos nos custos sejam considerados, à longo prazo, nas propostas dos players em licitações futuras. Esse elemento, associado à outras técnicas de gerenciamento eficiente das rodovias, projetam prováveis reduções das tarifas de pedágio para os usuários, o que pode levar à custos de transporte módicos.

Embora os impactos dessas tecnologias sejam positivos na segurança, nos tempos de percurso das rodovias e nos custos, o atual PNL 2035 em desenvolvimento possui uma

limitação em seu modelo de simulação que não diferencia os custos médios entre rodovias concedidas ou não concedidas. Logo, a simulação desses impactos no custo do transporte para cenários futuros fica prejudicada, ainda que, ressalta-se, o impacto tenda a ser pequeno para alterar as decisões de roteirização ou escolha modal do modelo funcional do PNL 2035.

Logo, para o presente PNL, não é possível a simulação do impacto de tais metodologias, mas recomenda-se que o assunto seja tratado nas versões posteriores, a fim de aumentar a precisão das simulações e garantir a aderência com os custos atuais do transporte e com cenários futuros.

## **2.6. Tendências no transporte aéreo**

Como tratado no Plano Aeroviário Nacional 2018-2038 (MTPA, 2018), com o avanço do desenvolvimento de drones (veículos aéreos não tripulados), o mercado de empresas voltadas à fabricação de soluções de transporte aéreo se desenvolve significativamente pelo mundo. Há um nítido crescimento de pesquisas, protótipos e operações experimentais de aeronaves de pequeno porte, autônomas ou tripuladas, com capacidade de transporte de cargas ou de pessoas em curtas e médias distâncias, predominantemente com propulsões elétricas e aeronaves de pequeno porte que não demandam grandes infraestruturas para pousos e decolagens (Vertical Take Off and Landing – VTOL). Dessa forma, abrem-se novas possibilidades de uso desses equipamentos como alternativas tanto para entregas de mercadorias, como para a mobilidade urbana e regional.

Os drones são alternativas de entregas que, à princípio, estão sendo amplamente estudadas para operação em áreas urbanas. Isso implica em uma redução do tráfego, nas emissões, e no número de acidentes. A Amazon.com, Inc, a Google LLC e a Uber Technologies Inc. são exemplos de empresas que estão investindo significativamente nesse tipo de tecnologia, e consideram que tais inovações estarão com significativa parcela do mercado em futuro próximo.

Alguns experimentos, como da Google LLC em Queensland, na Austrália, já extrapolam as operações para alcançar regiões rurais, de difícil acesso. Esse exemplo indica que o alcance de drones e de pequenas aeronaves elétricas com VTOL tendem a se expandir à longo prazo, podendo incorporar-se como alternativa efetiva na logística.

A DHL International GmbH, a SF Express e a Swiss Post são exemplos de empresas que já utilizam equipamentos como drones e quadricópteros para entregas de até 10km, na Alemanha, China e Suíça, respectivamente.

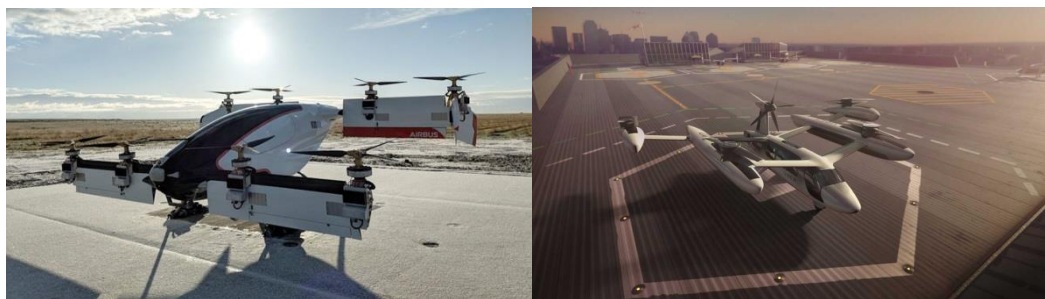
Considerando a inserção no mercado, o WEF (2016) considera que o impacto dos drones nos custos logísticos seja de 25%, e de até 90% de redução nas emissões. Esses impactos são baseados na suposição de que os drones podem ter uma penetração de 8,5% de todas as entregas de pacotes no mundo até 2025.

Considerando os parâmetros citados, é possível simular em cenários futuros do PNL o uso desse tipo de tecnologia. Ainda que o modelo funcional construído para a versão do PNL 2035 não simule a competição com o transporte aéreo de cargas, é possível incorporar uma redução na demanda das matrizes de produtos característicos do transporte aéreo, como máquinas e equipamentos eletrônicos, na ordem de 8,5%, simulando a operação aérea em ligações dentro das UTPs (Unidades Territoriais de Planejamento) que configuram grandes concentrações urbanas (já identificadas no plano). Com isso, seria simulado o impacto da redução de veículos terrestres em alguns pares O/D no longo prazo, e com isso, avaliar os impactos nos cenários futuros. Considerando porém, que no Brasil a implantação dessas tecnologias na logística, ainda que experimental, é inexistente, e ainda, a morosidade dos instrumentos regulatórios e legais pertinentes, é prudente cogitar a inserção dessa inovação para um horizonte posterior ao mapeado pelo WEF, como em 2035.

Assim como para o transporte de bens, as mesmas tecnologias estão sendo testadas e utilizadas em experiências ao redor do mundo para o transporte de pessoas (Figura 6).







**Figura 6:** Exemplos de aeronaves ou protótipos com VTOL, tripuladas ou autônomas, desenvolvidas para o transporte de pessoas

Conforme aponta o Plano Aeroviário Nacional PAN 2018-2038 (MTPA, 2018), esses equipamentos contam com as mais variadas formas, características operacionais e capacidades para transporte de pessoas. Embora ainda não estejam disponibilizados em escala industrial, estudos e projeções atuais apontam que veremos um crescimento de seus usos nos próximos anos, devido à mobilidade trazida por essas soluções e o baixo custo operacional (Kim e Song, 2018; e Choi e Hampton, 2018).

Vislumbra-se que o crescimento dessas tecnologias impactarão, em curto prazo, o transporte de curta distância, como os voltados à mobilidade nas metrópoles e os entre aglomerações urbanas próximas. Porém, há estudos que projetam seus usos como alternativas de transporte em médias distâncias (Sun et al. 2018) e, conseqüentemente, o desenvolvimento tecnológico tende a aperfeiçoar o alcance das aeronaves, caso dos modelos híbridos - elétrico e combustão (Friedrich e Robertson, 2015).

É de extrema importância que haja o acompanhamento do poder público nas tendências tecnológicas para a consideração no planejamento de médio e longo prazo, especialmente daqueles responsáveis pelas políticas públicas e pela regulação técnica do setor. Ao se vislumbrar essas novas formas de transporte aéreo no futuro e a ampliação do uso pela sociedade, será necessária uma realidade diferente de investimentos em infraestrutura. Isso porque, se mantidas as tendências de crescimento de soluções de pouso e decolagem verticais, o uso do espaço voltado ao lado ar dos aeroportos tende a necessitar de revisão e, da mesma forma, criam-se oportunidades para novos pontos de acesso com baixos custos de implantação e impacto ambiental. Essas alternativas podem representar soluções para regiões onde a implantação de aeroportos “tradicionais” se mostram inviáveis por questões de custos ou de impactos ambientais.

Contudo, apesar da tendência de desenvolvimento e de experiências urbanas em diferentes locais do mundo, uma lacuna permanece aberta para a viabilidade e implementação desse tipo de mobilidade, principalmente no Brasil. Trata-se do desenvolvimento do marco regulatório inerente a qualquer tipo de atividade de transporte e mobilidade, principalmente no que diz respeito às seguintes questões:

- Definição clara das responsabilidades e das competências de cada agente público e dos operadores de aeronaves, sobretudo nas áreas urbanas;
- Requisitos para garantir a segurança da operação – altura de voo, velocidade de voo, condições meteorológicas aceitáveis para voo, locais de decolagem e pouso pré-definidos e suas características físicas, rotas, monitoramento e controle das aeronaves durante operação (inclusive as não tripuladas – voltadas ao transporte de bens), cadastro dos fornecedores de aeronaves e seus operadores, etc.;
- Modelo de precificação da tarifa dessa alternativa de mobilidade urbana, que competiria com soluções de transporte como taxi ou serviços de transporte particular por aplicativos: sem regulação, price cap, revenue cap, modelos de receita combinada (single till considerando o uso das aeronaves para transportes de bens além de mobilidade de pessoas, bem como outras atividades comerciais possíveis), tarifa mínima, bandas tarifárias, tarifa fixa, etc.; e
- Securitização do modelo de negócio, dentre outros aspectos.

Para viabilizar e implementar essas alternativas como soluções de mobilidade urbana nas grandes cidades, várias experiências no mundo estão se iniciando e, conseqüentemente, as questões acima vêm à tona.

Cada país, observando seu arranjo institucional, a morfologia de suas cidades e seus aspectos socioeconômicos e culturais deverá passar por esse tipo de debate e construção para implementação da mobilidade urbana por aeronaves de pequeno porte em suas cidades, em um primeiro momento, com possível expansão do alcance e uso no transporte interurbano em momento futuro. Por isso, uma das áreas que deve se desenvolver tecnológica e rapidamente no sentido de acompanhar a crescente demanda de aeronaves deste tipo é o controle do espaço aéreo. Com a quantidade de projetos de aeronaves VTOL, imagina-se, a título de exemplo, que a número de aeronaves controladas sobrevoando todo

o território dos Estados Unidos poderá estar localizada apenas no espaço aéreo de uma só cidade, no futuro.

Para tanto, em 2018, o então Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA) iniciou debates no sentido de acompanhar as tecnologias e soluções adotadas no mundo, fomentando a discussão no âmbito nacional, de modo a desenvolver as políticas públicas e a auxiliar o estabelecimento do marco regulatório com antecedência, evitando impactos negativos na segurança e no desenvolvimento da aviação civil brasileira. Nesse sentido, foi realizado pelo MTPA em 13 de novembro de 2018 um primeiro Seminário sobre o “Futuro da Aviação”, no qual foram debatidas as tendências de avanços tecnológicos e, com isso, auxiliar o processo de absorção dessa realidade à gestão e operação dos transportes aéreos.

Em relação aos impactos previstos da tecnologia, a situação de dependência regulatória e as questões institucionais a serem resolvidas dificultam a mensuração para o Brasil. Sabe-se que existe potencial para redução do número de viagens do transporte de pessoas, sobretudo nas grandes aglomerações urbanas. Porém, em razão do grande volume dessas viagens pelos modos rodoviários individual ou pelo transporte coletivo nessas áreas, o impacto percentual tende a ser pequeno quando a tecnologia estiver disponível. Por essas razões, recomenda-se a não consideração nos cenários simulados no PNL 2035. Contudo, para o transporte de mercadorias em zonas urbanas, há tendência de migração de demanda rodoviária para transportes aéreos VTOL para tipos de produtos específicos. Esse fenômeno pode ser simulado no PNL 2035 dentro das viagens intermunicipais em zona urbana.

## **2.7. Tendências no transporte terrestre de pessoas**

Um dos ambientes de transporte que mais evoluiu tecnologicamente nos últimos anos foi sem dúvida o transporte urbano. Inovações como transporte *on-demand*, compartilhado ou não, alternativas sustentáveis de mobilidade como patinetes e bicicletas, apoiados por plataformas de compartilhamento e de aproximação entre empresas e usuários são exemplos da recente evolução da mobilidade urbana.

A união dessas tecnologias e possibilidades, incluindo os tradicionais veículos de transporte público, conforme a disponibilidade de serviços de cada cidade, são agregados no conceito de Mobility as a Service (MaaS). O conceito baseia-se que cada vez mais, os serviços e opções de transporte se aproximam das necessidades imediatas dos usuários, reduzindo assim, a

oferta ociosa, aproveitando as necessidades comuns, e com isso, tornando a mobilidade mais eficiente. Essa aproximação pode se dar desde o serviço de soluções rápidas de transporte individual para viagens curtas, até a gestão dinâmica de transporte coletivos e sua integração com o automóvel (Holmberg et al., 2016).

Os impactos desse conceito e do conjunto de tecnologias que o compõe projetam reduções do número de automóveis nas vias, e conseqüentemente, redução das emissões e custos de transporte. Tais atributos poderiam ser simulados no PNL, no âmbito da redução do número de viagens intermunicipais em aglomerações urbanas. Porém, a quantificação desses impactos é de difícil mensuração, e perante a quantidade de viagens realizadas em zonas urbanas, o impacto pode não ser perceptível a curto e médio prazos. Alguns estudos indicam que o conceito de MaaS é mais aderente para novas gerações, e está gerando uma redução gradativa de licenças de direção emitidas, com uma taxa média de 0,6% de redução em estudo realizado com 16 países (Corinne Mulley, 2017). A baixa taxa de redução das licenças pode refletir uma taxa ainda menor de viagens a serem economizadas.

Embora o tráfego em zonas urbanas impacte em algum grau as simulações de cenários do PNL, o foco do plano é a avaliação dos macro fluxos de transporte de cargas e pessoas no Brasil. Logo, recomenda-se a evolução dos estudos nessa área para a então incorporação em versões posteriores do PNL, ou em planos táticos, regionais ou urbanos, onde a abrangência da análise pode ser mais sensível.

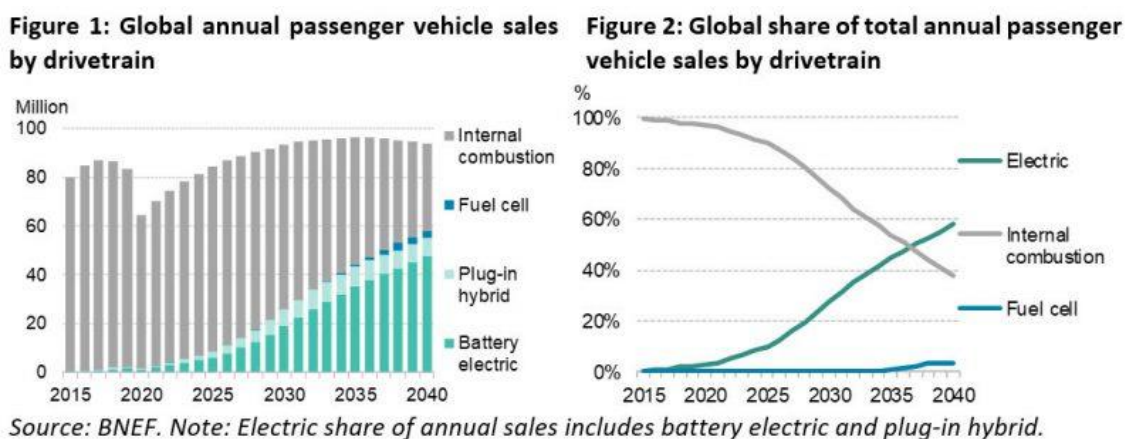
Por outro lado, existe uma alteração tecnológica no que tange ao transporte rodoviário de pessoas que já é visível no Brasil e em plena expansão em outros países. Trata-se da participação dos veículos elétricos ou híbridos na frota de veículos leves ou coletivos de passageiros.

Ainda que o custo de aquisição de veículos elétricos ou híbridos no Brasil seja aparentemente superior aos de combustão, é pungente o empenho de fabricantes do mundo todo em ofertar opções economicamente viáveis, e esboçar que o custo operacional desses veículos pode ser mais vantajoso para os clientes (J.W. Brennan, T.E. Barder, 2016).

Os maiores ganhos, no entanto, são mensurados em termos das emissões de CO<sub>2</sub>. De acordo com a Bloomberg NEF (2020), a presença dos veículos elétricos e híbridos nas frotas ao redor do mundo causará uma redução de emissões cerca de 16% no ano de 2035. Isso deve ocorrer pela projeção otimista de vendas desses veículos ao redor do mundo, impulsionada

pelas legislações de diversos países que já estabeleceram datas limites para comercialização e circulação de veículos movidos à combustíveis fósseis.

Segundo as projeções do Bloomberg NEF (2020), veículos elétricos representarão 58% das vendas de novos veículos em 2040, e 31% do total de veículos em operação ao redor do mundo, como pode ser observado na Figura 7.



**Figura 7:** Projeções de venda de veículos novos. Fonte: Bloomberg NEF (2020)

As projeções também são otimistas para o transporte público, que aponta 67% de participação desse tipo de veículo em 2040.

Considerando a tendência de crescimento da tecnologia, e a alteração das cadeias produtivas ao redor do mundo, o tema deve ganhar força e impulsionar legislações no Brasil. Como já citado, tramita no Congresso Nacional um Projeto de Lei (PLS 304/2017) que sugere a proibição da comercialização de automóveis movidos à combustíveis fósseis até 2030 e a circulação destes a partir de 2040. Contudo, o projeto ainda precisa ser melhor detalhado, e os impactos na transição da tecnologia nas cadeias produtivas dependentes, assim como a rede de abastecimento, são temas que precisam ser tratados em um projeto com discussão mais ampla.

É prudente, porém, considerar que no horizonte máximo do PNL (2035) já seria possível colher determinados impactos em termos de emissões de CO<sub>2</sub>. Sugere-se adoção de metade do impacto estimado pela Bloomberg NEF (2020), ou seja, uma redução de 8%, a ser levada em conta nos indicadores ambientais de avaliação de cenários do PNL.

Importante destacar que para veículos leves elétricos existe também o impacto de redução dos custos operacionais em relação à veículos de combustão elétrica, assim como citado para os caminhões elétricos em seção anterior. Porém, o PNL 2035 possui uma limitação quanto à simulação da escolha modal para o transporte de pessoas, e por isso, não pode ser avaliado tal impacto no custo do transporte. O tema deve ser explorado em versões futuras do plano.

### **3. DIRETRIZES PARA PROJEÇÕES DE DEMANDA E MODELAGEM DE CENÁRIOS FUTUROS NO PNL 2035**

No que tange às tendências tecnológicas, a modelagem de cenários futuros do PNL deve considerar o exposto no **Quadro 1** a seguir, que consolida os principais aspectos apontados neste documento, com impactos sistematizados no **Quadro 2**.

Ainda, várias das tendências aqui esboçadas carecem de regulação setorial ou mesmo de legislação para que sejam materializadas. O presente documento, então, configura-se também como orientador de discussões para a formulação de políticas que viabilizem as inovações, pois com tecnologia disponível e o mercado preparado, o poder público não pode se apresentar como entrave para o desenvolvimento pela ausência de base legal ou regulamentar.

Por fim, é prudente reforçar que o presente documento não é exaustivo sobre as tendências de demanda e oferta nos transportes. Os aspectos aqui apresentados representam resultado de pesquisa realizada pela equipe técnica da EPL, mas que deve ser regularmente atualizada e complementada, acompanhando a dinâmica do setor.

**Quadro 1:** Consolidação das tecnologias de transporte pesquisadas e seus impactos

Inovação	Status no Brasil	Tendência	Amplitude esperada	Ano de alcance da amplitude	Obs	Impactos estimados	Modo de transporte afetado
Transformação digital na logística (IoT, Big Data, IA, Advanced Analytics)	Experiências isoladas implantadas ou em implantação	Crescimento significativo em curto prazo. Tecnologia disponível e de baixo custo.	32% do sistema rodoviário, 50% do ferroviário, 50% do aquaviário.	2025	Estimativa baseada na participação de empresas organizadas na logística. Proxy da quantidade de carga movimentada no modo rodoviário por empresas organizadas x autômos (63%). 100% do ferroviário. 100% do aquaviário. Segundo WEF, 50% do rodoviário estaria implantando tais inovações em 2025 (50% em 10 anos). traçando a reta, 2030 já estaria no patamar de 63%.	Aumento das taxas de aproveitamento veicular em até 5% (3,15% no rodoviário, 5% nos demais modos)	Todos
			63% do sistema rodoviário, 100% do ferroviário, 100% do aquaviário.	2030		Redução de custos de manutenção em até 30% (18,9% no rodoviário, 30% nos demais)	Todos
						Redução de custos pela roteirização mais eficiente em 5% para o rodoviário	Rodoviário
Transformação digital na logística (App de sharing)	Experiências isoladas implantadas ou em implantação	Crescimento significativo em curto prazo. Tecnologia disponível e de baixo custo.	15% do sistema rodoviário	2025	Estimativa baseada na expectativa do WEF para 2025 em dólares, aplicada na matriz modal de valor para o rodoviário. Estimativa de crescimento para 2035 baseada na linha de tendência reta.	Redução de 3,19% no custo operacional	Rodoviário
			30% do sistema rodoviário	2035			

Inovação	Status no Brasil	Tendência	Amplitude esperada	Ano de alcance da amplitude	Obs	Impactos estimados	Modo de transporte afetado
Caminhões elétricos	Experimental	Crescimento gradativo impulsionado pela transição de veículos leves. Perspectiva de longo prazo devido às necessidades de alterações na indústria e cadeia de abastecimento	70% dos veículos com payload abaixo de 1T novos (ponderar pela taxa de renovação)	2035	Estimativa de impacto calculada com dados do estudo de Macharis et al., 2013	Redução de 13,7% no custo para caminhões com payload abaixo de 1Ton	Rodoviário
			10% dos veículos rodoviários de carga novos (ponderar pela taxa de renovação)	2035	Estimativa conservadora extrapolada para veículos maiores - calculada com dados do estudo de Macharis et al., 2013	Redução de 6,85% no custo para caminhões	Rodoviário
Caminhões autônomos	Experimental	Desenvolvimento lento e dependente de infraestrutura de transporte e telecomunicações	Somente em âmbito urbano (última milha)			Sem impacto para simulação do PNL 2035	Rodoviário
Locomotivas autônomas (de carga)	Inexistentes	Tecnologia disponível e ambiente favorável, mas	Sem perspectiva			Sem impacto para simulação do PNL 2035	Ferrovário



Inovação	Status no Brasil	Tendência	Amplitude esperada	Ano de alcance da amplitude	Obs	Impactos estimados	Modo de transporte afetado
		sem estímulo econômico					
Trens de alta velocidade e novas tecnologias de transporte ferroviário	Inexistente para transporte de cargas	Tecnologia disponível	Somente para novos projetos			Particular de cada projeto	Ferroviário
Mega embarcações de containers	Em operação	Estabilidade	Sem perspectiva		Devido ao alcance de um nível ótimo de economia de escala, não considerar impactos significativos em cenários futuros.	Sem impacto para simulação do PNL 2035	Aquaviário
Eficiência da propulsão dos navios	Em operação	Evolução significativa, implantação lenta, mas já refletida em parte da atual frota	De acordo com a taxa de renovação da frota (média de 4,3% a.a.)	2035	Estudar as curvas de frete e custos dos últimos 10 anos (ITF, 2015) no Brasil e extrapolar comportamento para o futuro, simulando a renovação da frota. A curva do frete da cabotagem apresenta tx média de -6,39% a.a.. Idade média da frota cabotagem e interior: 15,4 anos (ONTL). Mundo: 20 anos ( <a href="https://unctad.org/en/Pages/Publications/Review-of-Maritime-">https://unctad.org/en/Pages/Publications/Review-of-Maritime-</a>	Redução do custo de cabotagem em 2,21% até 2035	Marítimo - cabotagem
			De acordo com a taxa de renovação da frota (média de 7,98% a.a.)	2035		Redução do custo de navegação em LC em 3,99% até 2035	Marítimo - longo curso

Inovação	Status no Brasil	Tendência	Amplitude esperada	Ano de alcance da amplitude	Obs	Impactos estimados	Modo de transporte afetado
					Transport-(Series).aspx). Considerado que a eficiência operacional será aplicada nas novas embarcações que venham a compor o sistema.		
Portos inteligentes	Experimental	Tecnologia disponível e ambiente favorável	100% dos portos organizados	2035	Considerar que somente os portos organizados investirão na tecnologia	Redução de custo portuário em 10%	Marítimo - portos
Rodovias inteligentes	Experimental	Tecnologia disponível e ambiente favorável	Novas concessões ou reconcessões no horizonte do plano	2025	Cenário 9 (Ino@BR). Redução de 10% nos custos de manutenção das rodovias concedidas (indicador de desembolso) Fonte (National ICT Australia, 2014).	Sem impacto para simulação do PNL 2035	Rodoviário
Drones e aeronaves VTOL para entregas de mercadorias	Inexistentes	Tecnologia disponível, com demandas regulatórias e legais	8,5% das matrizes de produtos com tendência para o transporte aéreo, para O/Ds em UTPs de grandes concentrações urbanas.	2035	80% da matriz de transporte aérea de cargas é composta pelos produtos: 34, 17, 18, 27, 26, 33 e 12. Considerar esses como produtos com tendência para o transporte aéreo e reduzir as demandas em até 8,5% (considerar o desconto atual como parte desses 8,5%). Somente das O/D pertencentes às UTPs de grandes concentrações urbanas	Redução do número de viagens terrestres em algumas matrizes conforme o resultado da simulação após desconto da demanda.	matriz de superfície

Inovação	Status no Brasil	Tendência	Amplitude esperada	Ano de alcance da amplitude	Obs	Impactos estimados	Modo de transporte afetado
Aeronaves VTOL (autônomas ou tripuladas) para transporte de pessoas	Inexistentes	Crescimento à longo prazo	Inicialmente, em âmbito urbano		Potencial para redução do tráfego intermunicipal em aglomerações urbanas. Porém, de difícil mensuração de impacto e sem perspectiva próxima para o Brasil.	Sem impacto para simulação do PNL 2035	Rodoviário
MaaS	Experiências implantadas ou em implantação	Crescimento significativo em curto prazo. Tecnologia disponível e de baixo custo.	Inicialmente, em âmbito urbano		Potencial para redução do tráfego intermunicipal em aglomerações urbanas. Porém, com baixos impactos mapeados, principalmente no que tange aos fluxos interurbanos.	Sem impacto para simulação do PNL 2035	Rodoviário
Veículos elétricos	Experiências implantadas ou em implantação	Crescimento significativo em curto prazo. Tecnologia disponível, mas falta estímulo econômico e legislação	15% dos veículos leves	2035	Considerando metade da amplitude projetada por Bloomberg NEF (2020) para o mundo, levanto em conta a inexistência de legislação brasileira e a transformação exigida da indústria automobilística e de combustíveis.	Redução de 8% nas emissões	Rodoviário

**Quadro 2:** Síntese de impactos para simulação no modelo integrado – Somados por modo, e já ponderados com a amplitude e tendências recomendadas

<b>Aplicação</b>	<b>Atributo</b>	<b>Impacto</b>
Redução nos links rodoviário rural	Custo variável (todos produtos)	5,5454%
Redução nos links rodoviário rural	Emissões em automóveis	8,0000%
Redução nos links Rodoviário urbano	Custo variável (todos produtos)	6,0708%
Redução nos links rodoviário urbano	Emissões em automóveis	8,0000%
Redução nos links ferroviários	Custo variável	4,2000%
Redução nos links Hidroviários (interior)	Custo variável	5,0504%
Redução nos links Cabotagem (interior e costeira)	Custo variável	10,2532%
Redução nos links Longo Curso	Custo variável	12,0259%
Redução nos links Portuário	Custo variável	10,0000%
Redução nos links Portuário	Custo fixo	10,0000%
Desconto na matriz de superfície	*conforme planilha, aba "fluxos a reduzir"	8,5000%
Desconto na matriz de superfície	**conforme planilha, aba "txs de ocupação"	**
Alteração nas taxas de ocupação do VISUM	**conforme planilha, aba "txs de ocupação"	**

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ANTT (2011). Licitação de serviços de transporte rodoviário interestadual de passageiros - Plano de outorga. Projeto da rede nacional de transporte rodoviário interestadual de passageiros, PROPASS Brasil – serviços operados com ônibus do tipo rodoviário. Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT. Brasília.

ATKINS (2015) Disponível em: < <http://www.atkinsglobal.com/~media/Files/A/Atkins-Corporate/anglesdocuments/articles/atkins-mobility-as-a-service.pdf>>

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Visão 2035: Brasil, país desenvolvido**: Agendas setoriais para alcance da meta. 1. ed. Rio de Janeiro: BNDES, 2018. 442 p. ISBN 978-85-87545-64-0. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/16040>. Acesso em: 29 jun. 2020.

Bloomberg NEF, (2020). Electric Vehicle Outlook 2020. Available online: <https://bnef.turtl.co/story/evo-2020/page/1?teaser=yes>

BRASIL (1988) Constituição da República Federativa do Brasil. Texto Constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988.

BRASIL (2012) Lei Federal nº. 12.587, de 03 de janeiro de 2012: Política Nacional de Mobilidade Urbana. Brasília – DF. Disponível em <[www.planalto.gov.br/CCIVIL\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12](http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12)>.

BRASIL. *Programa Pró-Brasil. Governo Federal*. Abril de 2020. Disponível em:< <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2020/4/programa-pro-brasil-22-abr-versao-imprensa-1.pdf/view>>

Bucsky P. (2018) Autonomous vehicles and freight traffic: towards better efficiency of road, rail or urban logistics?, Urban Development Issues, vol. 58, pp. 41–51. DOI: 10.2478/udi-2018-0022

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 7 - Safra 2019/20 - Nono levantamento. **CONAB**, Brasília, p. 1-31 junho 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. *Economia em foco: os desafios do transporte: 2013-2014*. CNT. Janeiro de 2014.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. *Pesquisa de impacto no transportes- COVID-19 – 3ª rodada*. CNT. Maio de 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. *Sondagem: expectativas econômicas do transportador 2016*. CNT, pp. 78. Brasília, 2016.

Corinne Mulley (2017) Mobility as a Services (MaaS) – does it have critical mass?, Transport Reviews, 37:3, 247-251, DOI: 10.1080/01441647.2017.1280932

COSTA, C. G. O (2009) Licitações nos Transportes Públicos de Passageiros: uma abordagem baseada na mediação entre atores. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife, Pernambuco.

COX, N. C. J. (2015). Estimating demand for new modes of transportation using a context-aware stated preference survey. Tese de doutorado. Massachusetts Institute of Technology, USA.

DELIVER, Deliverable D1.1 - Report on Technology, Market and Urban Logistics Roadmap from 2020 and Beyond, Aachen, Germany, 2012.

DHL (2016). The 21st Century Spice Trade: A Guide to the Cross-Border e-Commerce Opportunity.

Dong, Xisong & Xiong, Gang & Yuantao, Li & Xiujiang, Guo & Yisheng, Lv. (2013). Intelligent ports based on Internet of Things. Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics, SOLI 2013. 292-296. 10.1109/SOLI.2013.6611428

Electrification Coalition, Electrification Roadmap, Washington, 2010.

EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA. *Diagnóstico Logístico 2010-2018*. **EPL**, pp. 1-119. 2019.

EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA. *Plano Nacional de Logística PNL – 2025*. **EPL**, pp. 1-140. 2018.

FINGER, M.; BERT, N.; KUPFER, D. (2015). Mobility-as-a-Service: from the Helsinki experiment to a European model? Disponível em: <<http://fsr.eui.eu/Documents/WorkshopPaper/Transport/2015/150309MaaSObserver.pdf>>

Friedrich C., Robertson P.A. 2015. Hybrid-Electric Propulsion for Aircraft. *Journal of Aircraft* 2015 52:1, 176-189

FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL. *World Economic Outlook Update*. **FMI**, pp. 1-20. Junho de 2020.

HOLMBERG, P.-E.; COLLADO, M.; SARASINI, S.; WILLIANDER, M. (2016). Mobility as a service (MaaS): Describing the framework. Gothenburg: RISE Viktoria. Disponível em:

<http://www.divaportal.org/smash/record.jsf%3Fpid=diva2:1043942>

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Carta de conjuntura*. **IPEA**, nº 47 – 2º Trimestre de 2020. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS SERVIDORES DA CARREIRA DE PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO. *Brasil 2035: Cenários para*

o desenvolvimento. 1. ed. IPEA, pp. 1-320. Brasília, 2017. ISBN 978-85-7811-299-8. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=30156](https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=30156). Acesso em: 29 jun. 2020.

J.H. Havenga & W.J. Pienaar (2012): QUANTIFYING FREIGHT TRANSPORT VOLUMES IN DEVELOPING REGIONS: LESSONS LEARNT FROM SOUTH AFRICA'S EXPERIENCE DURING THE 20th CENTURY, *Economic History of Developing Regions*, 27:2, 87-113. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/20780389.2012.745666>

J.W. Brennan, T.E. Barder (2016). *Battery Electric Vehicles vs. Internal Combustion Engine Vehicles*. Arthur D. Little (2016)

Jansson, J., Shneerson, D. (1982), "The optimal ship size", *Journal of Transport Economics and Policy*, 16(3), pp. 217-238

Jovic, M. Kavran, N. Aksentijevic, S. Tijan, E. "The transition of croatian seaports into smart ports", *Proc. 42nd Int. Conv. Inf. Commun. Technol. Electron. Microelectron. (MIPRO)*, pp. 1386-1390, May 2019.

Kim M., Song K.H. 2018. Demand forecasting and policy suggestion For drone taxi operation in South Korea. The Korea Transport Institute. The 22nd ATRS World Conference, Seoul.

LÜBECK R. M.; WITTMANN M. L. ; RICHTER A. S.; SILVA M. S. . (2012) Inovação E Regulação no Transporte Público *Revista Gestão Industrial* , v. 8, p. 44-71, 2012.

Macharis, Cathy & Lebeau, Philippe & Van Mierlo, Joeri & Lebeau, Kenneth. (2013). Electric versus conventional vehicles for logistics: A total cost of ownership. *World Electric Vehicle Journal*. 6. 945-954. 10.3390/wevj6040945

Merk, O. (2018), "Container ship size and port relocation", Discussion Paper, International Transport Forum, Paris.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. *Relatório de acompanhamento do andamento dos empreendimentos e demais ações no âmbito do Programa de Parcerias de Investimentos – PPI*. Relatório apresentado ao Congresso Nacional em conformidade com o disposto no artigo 9º, §2º, da Lei nº 13.334 de 13 de setembro de 2016. ME, 2020. Disponível em <<https://www.ppi.gov.br/publicacoes-institucionais>> . Acesso em: 30/06/2020.

Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. **Estratégia Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social**. 1. ed. Brasília: ME, 2018. 220 p. Disponível em: <http://www2.planejamento.gov.br/assuntos/planeja/endes>. Acesso em: 29 jun. 2020.

MTPA (2018). Plano Aeroviário Nacional 2018 -2038. Metodologia e resultados. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Brasília. Disponível em: [www.infraestrutura.gov.br/pan](http://www.infraestrutura.gov.br/pan).

National ICT Australia, 2014, NICTA response to the public infrastructure, Productivity Commission issues paper and draft report, NICTA, Sydney.

OECD/ITF (2015). The Impact of Mega-Ships. Case-Specific Policy Analysis. Report. Disponível em: [https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cspa\\_mega-ships.pdf](https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cspa_mega-ships.pdf)

SAC & EPL (2015). Pesquisa Origem Destino nos aeroportos brasileiros. Secretaria de Aviação Civil e Empresa de Planejamento e Logística S.A. Disponível em: [www.aviacao.gov.br/obrasilquevoa](http://www.aviacao.gov.br/obrasilquevoa).

SAFETY4SEA (2018). “Building global intelligent ports”. Disponível em: <https://safety4sea.com/building-global-intelligent-ports/&title=Building%20global%20intelligent%20ports>

Silva, L. R.; Vilela, M. L. ; Yamashita, Y. (2019). Ampliando a compreensão da mobilidade interurbana no brasil - Da concepção do sistema à construção de uma matriz origem destino. In: 33o Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, 2019, Balneário Camburiú-SC. Anais do 33o Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, 2019. v. I.

Sun X; Wandelt S.; Stumpf E. 2018. A fine-grained demand model for air taxis over Europe. School of Electronic and Information Engineering, Beihang University, China and Institut fur Luft- und Raumfahrtssysteme, Germany. The 22nd ATRS World Conference, Seoul.

UNCTAD (2020). Review of Maritime Transport 2019 . United Nations Conference on Trade and Development. Sales No. E.19.II.D.20. New York and Geneva.

WEBER, K.M.; HELLER-SCHUH, B.; GODOE, H.; ROESTE, R. (2014) ICT-enabled System Innovations in Public Services: Experiences from Intelligent Transport Systems. Telecommunication Policy. v. 38, p. 539-557.

WEF (2016). *White Paper Digital: Transformation of Industries: Logistics*. World Economic Forum.

WEF (2018). *White Paper: Delivering the Goods: e-commerce Logistics Transformation*. World Economic Forum.

Wong Y. Z., Hensher D. A., Mulley C Emerging transport technologies and the modal efficiency framework: A case for mobility as a service (MaaS). Disponível em: <[https://ses.library.usyd.edu.au/bitstream/2123/17503/1/Thredbo\\_15\\_Thredbo\\_15\\_Paper\\_44.pdf](https://ses.library.usyd.edu.au/bitstream/2123/17503/1/Thredbo_15_Thredbo_15_Paper_44.pdf)>