

Chamada Pública **Plataforma VECTO**

Anexo B: Estudo Integrado de Adaptação e Validação do Método de Arrasto Aerodinâmico (Air Drag) para Veículos Pesados no Brasil

Apoio:



SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO	3
2. OBJETIVO GERAL	3
3. ASPECTOS GERAIS DA SOLUÇÃO PRETENDIDA.....	4
4. GOVERNANÇA E ACOMPANHAMENTO	4
4.1. Do apoio da Anfavea	4
4.2. Das entregas e etapas previstas.....	5
5. DO PRAZO PARA CONCLUSÃO DO PROJETO.....	8

ETEC 2: ESTUDO INTEGRADO DE ADAPTAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MÉTODO DE ARRASTO AERODINÂMICO (AIR DRAG) PARA VEÍCULOS PESADOS NO BRASIL

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A LEI Nº 14.902, DE 27 DE JUNHO DE 2024, que institui o Programa Mobilidade Verde e Inovação (Programa Mover), estabelece em seu artigo 2º os requisitos obrigatórios para a comercialização de veículos, incluindo a eficiência energética veicular e a emissão de dióxido de carbono. O DECRETO Nº 12.435, DE 15 DE ABRIL DE 2025, regulamenta o referido programa e determina, em seu Anexo II, que a metodologia de aferição da eficiência energética de veículos pesados ocorrerá por intermédio de ferramenta de simulação computacional, a ser validada pelo Comitê Gestor. Complementarmente, a PORTARIA MDIC/GM Nº 176, DE 07 DE JULHO DE 2025, define expressamente o VECTO, desenvolvido pela Comissão Europeia, como o software de simulação a ser adotado, estabelecendo o cronograma para sua implementação e adaptação às necessidades nacionais.

Neste contexto, de forma a cumprir com o cronograma estabelecido na regulamentação do MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços e para dar seguimento a agenda de mobilidade sustentável, a AEA – Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, com o apoio da Anfavea - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, demandou encomenda à Fundep apoio para execução de estudo integrado de adaptação, simplificação, validação e aprimoramento do método de determinação do arrasto aerodinâmico (Cd.A) aplicado a veículos pesados no Brasil.

2. OBJETIVO GERAL

Executar o estudo integrado de adaptação, validação e aprimoramento do método de determinação do arrasto aerodinâmico (Cd.A) aplicado à veículos pesados no Brasil, com foco em testes físicos e “escaneamento digital” para modelos sólidos CAD (Desenho Assistido por Computador) das configurações veiculares afim de subsidiar a aplicação da ferramenta “VECTO-BR” no contexto nacional – Programa MOVER, com foco inicial nos caminhões-trator rodoviários de três eixos (6x2 e 6x4) com massa superior a 12 toneladas de aplicação rodoviária, conforme o Grupo 01 da PORTARIA MDIC/GM Nº 176/2025. Adicionalmente, busca-se estabelecer uma abordagem alinhada às diretrizes da Comissão Europeia (DG-Clima e JRC), de modo a

garantir a soberania dos dados, a precisão na quantificação das externalidades e o suporte técnico à formulação e implementação de políticas públicas de descarbonização, em atendimento aos requisitos do Programa Mover (LEI Nº 14.902, DE 27 DE JUNHO DE 2024).

3. ASPECTOS GERAIS DA SOLUÇÃO PRETENDIDA

O estudo deverá avaliar a equivalência de métodos alternativos aos procedimentos técnicos já definidos para o ensaio de arrasto aerodinâmico conforme o Regulamento (UE) 2017/2400, verificando, por meio de testes, em que medida tais alternativas podem impactar na determinação dos valores de eficiência energética pelo VECTO. Isto é:

- Suportar a definição de fatores de transferência de $C_d.A$ padronizados para CVCs complexas a partir de dados obtidos em combinações mais simples (anexo A);
- Apoiar o estudo da aplicabilidade e os limites de uso da metodologia CFD como alternativa para manutenção e atualização de valores de arrasto aerodinâmico via obtenção dos modelos sólidos de CAD das configurações testadas;
- Caracterizar e quantificar o vento lateral (β/yaw) em testes de CVCs representativas, possibilitando validar ou revisar o polinômio de yaw empregado no VECTO europeu para o “VECTO-BR”.

4. GOVERNANÇA E ACOMPANHAMENTO

A execução das atividades previstas será acompanhada e direcionada pelo Comissão Técnica - VECTO, da Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA), em coordenação direta com o MDIC, pela Fundep e pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea).

Poderão ser solicitadas reuniões para acompanhamento do trabalho, as quais serão realizadas por meio de videoconferência ou conferência telefônica, conforme melhor conveniência entre as Partes.

4.1. Do apoio da Anfavea

A Anfavea apoiará a iniciativa por meio de suas empresas associadas, que poderão disponibilizar, em regime de comodato ou outros meios, por período previamente definido e conforme sua disponibilidade, os seguintes itens:

- Medidor de Torque;
- Semi-trailer Baú padrão Europeu;
- Caminhão Trator 4X2;
- Caminhão Trator 6X2.

4.2. Das entregas e etapas previstas

Com vistas ao alcance dos objetivos e resultados previstos, o projeto deverá contemplar as seguintes etapas de execução:

A. Organização e Governança

- a. Definição do escopo final, equipe técnica e governança;
- b. Estabelecimento de alinhamento contínuo com GT1, GT2 e GT4 da AEA.

B. Levantamento e Consolidação de Informações

- a. Compilação de estudos internacionais e dados nacionais;
- b. Identificação de lacunas técnicas.

C. Definição Metodológica Integrada

- a. Estabelecimento dos métodos para pré-aquecimento alternativo, faixa térmica, *yaw angle*;
- b. Preparação dos modelos sólidos (CAD) correspondentes às configurações a serem montadas e testadas para possibilitar a determinação dos polinômios de correção de efeito de vento cruzado via mecânica dos fluidos computacional (CFD) a serem incorporados no código do “VECTO-BR” e AIR DRAG;
- c. Validação preliminar das abordagens com os grupos da AEA.

D. Planejamento das Campanhas e Execução Técnica

- a. Seleção das CVCs representativas e organização das campanhas experimentais;

b. Caso A1 – Configuração de referência europeia: trator 4x2 instrumentado com sistema de medição de torque trativo, acoplado a semirreboque padrão europeu (4,0 metros de altura), com a realização de ensaios de *air drag*;

c. Caso A2 – Configuração de transferência europeia → brasileira: trator 6x2 instrumentado com sistema de medição de torque trativo, acoplado ao mesmo semirreboque padrão europeu (4,0 metros de altura) do caso A1, com a realização de ensaios de *air drag*;

d. Caso B – Configuração brasileira: mesmo trator 6x2 do caso A2 instrumentado com sistema de medição de torque trativo, acoplado a semirreboque representativo padrão brasileiro (4,4 m de altura), com a realização de ensaios de *air drag*;

e. Caso C – Configuração brasileira: mesmo trator 6x2 instrumentado com sistema de medição de torque trativo do caso B, acoplado a um conjunto “rodotrem” representativo completo (dois semi reboques), com a realização de ensaios de *air drag*;

f. Caso D – Configuração brasileira: mesmo trator 6x2 do caso B instrumentado com sistema de medição de torque trativo, acoplado somente ao primeiro semirreboque do “rodotrem” empregado no caso C, com a realização de ensaios de *air drag*;

g. Cada ensaio experimental previsto nos Casos A1, A2, B, C e D será realizado conforme a norma europeia EU 2017/2400 ANNEX VIII - VERIFYING AIR DRAG DATA, que em seu parágrafo 3.4.1, especifica 3 tipos de medição de torque trativo: *Hub torque meter*, *Rim torque meter* ou *Half shaft torque meter*. O equipamento de medição de torque deverá ser o mesmo aplicado a todos os ensaios e veículos. Condições de temperatura de pista e de aquecimento do conjunto, que são objetos de adaptação para a condição brasileira, poderão estar fora do preconizado pela norma europeia. Deverão ser realizados testes para cada configuração sob duas condições diferentes: (i) ventos laterais máximo dentro da faixa permitida (menor que 4 m/s – 3° *yaw angle*) e (ii) com condições ampliadas de vento lateral/*yaw angle* para fins de caracterização complementar para construção do polinômio de correção de ventos cruzados nos códigos do VECTO BR SIM e AIR DRAG. Para cada combinação de ensaios – configuração veicular e condições de vento - deverão ser realizados dois conjuntos de 10 passagens válidas no caso (i) e 10 passagens além dos limites de ventos no caso (ii). Condições que não permitam o completo atendimento à norma europeia deverão ser discutidas com pelo Grupo de Trabalho (GT2), da Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA);

h. Para fins de determinação do impacto da variação do procedimento de aquecimento do conjunto trator-reboque em relação ao preconizado pela norma

européia, deverá ser realizado um conjunto adicional de testes com a configuração detalhada no caso B, porém com procedimento de aquecimento alternativo e factível nas condições brasileiras. Condições específicas de aquecimento deste caso deverão ser discutidas com pelo Grupo de Trabalho (GT2), da Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA);

i. Para fins de determinação do impacto da faixa de temperatura ambiente do ensaio em relação ao preconizado pela norma européia, deverá ser realizado um conjunto adicional de testes com a configuração detalhada no caso B, porém com temperatura ambiente mais frequente das condições brasileiras. Condições específicas de temperatura deste caso deverão ser discutidas com pelo Grupo de Trabalho (GT2), da Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA);

E. Processamento, Análises e Modelagens

a. Processamento conforme EU 2017/2400 ANNEX VIII - VERIFYING AIR DRAG DATA;

b. Discussões técnicas intermediárias com GT2 e GT4 da AEA.

F. Consolidação, Recomendações e Entregas

a. Apresentação dos resultados dos ensaios aos GT2 e GT4 da AEA;

b. Fornecimento de dados brutos para possibilitar análises estatísticas e criação do polinômio de correção de ventos laterais a ser incorporado no código do VECTO BR SIM e AIR DRAG;

c. Valores do produto $C_d.A$ referente ao arrasto aerodinâmico, calculados pelo VECTO AIR DRAG original europeu, para cada conjunto de ensaios acima detalhados;

d. Recomendações finais, incluindo questões como taxa de sucesso na realização de testes, condições meteorológicas e ambientais restritivas,

e. Relatório final e Procedimento Brasileiro de *air drag*.

Ao longo das etapas descritas anteriormente, deverão ser desenvolvidos os seguintes estudos técnicos:

- Suportar com dados experimentais a encomenda tecnológica “ANEXO A: ETEC 1 - ADAPTAÇÃO DA FERRAMENTA DE SIMULAÇÃO VECTO ÀS CONDIÇÕES DE CONTORNO BRASILEIRA EM ATENDIMENTO AO REQUISITO DO PROGRAMA MOVER”;

- Avaliar a equivalência de métodos alternativos aos procedimentos técnicos do Anexo VIII do Regulamento (UE) 2017/2400 (EU 2017/2400 ANNEX VIII - VERIFYING AIR DRAG DATA), incluindo critérios de pré-aquecimento baseados em monitoramento térmico (óleos e pneus) e execução de testes em faixas ampliadas de temperatura ambiente e de pista, quantificando eventuais impactos no Cd.A e, consequentemente, na determinação da eficiência energética pelo VECTO;
- Obter dados brutos de Cd.A para suportar o estudo de fatores de transferência de Cd.A para CVCs complexas (ex.: trator 6×4 + rodotrem 9 eixos), utilizando resultados obtidos em CVCs de menor complexidade (ex.: trator 6×2 + semirreboque LS), e avaliando adicionalmente a viabilidade de transferência a partir de configurações de referência europeias (ex.: trator 4×2 + semirreboque de 3 eixos), além de avaliar a configuração de caminhão trator 6x2 com rodotrem completo e caminhão trator 6x2 com somente o primeiro semi-reboque;
- Prover os modelos sólidos CAD das configurações, via “escaneamento digital” ou por meio dos fabricantes dos veículos, para suportar o estabelecimento dos critérios e limites de uso de CFD como metodologia complementar para manutenção e atualização de Cd.A, aplicável apenas a configurações já ensaiadas e que sofram alterações pequenas e localizadas, definindo requisitos de modelagem, correlação e auditoria;
- Caracterizar o impacto do vento lateral (β/yaw) nas medições de Cd.A de CVCs representativas para, a partir dessa base técnico experimental, o estudo integrado possa validar ou recomendar ajustes ao polinômio de correção de yaw utilizado no algoritmo VECTO;
- Os estudos devem ser compatíveis com o cronograma estabelecido pela PORTARIA MDIC/GM Nº 176, DE 07 DE JULHO DE 2025, com especial atenção aos itens que impactam diretamente na adaptação do software VECTO- BR, com data final de adaptação estabelecida para 31 de dezembro de 2026, e ao período de contabilização da construção do baseline;
- Conduzir campanhas estruturadas de ensaio experimental em configurações representativas (referência europeia, semirreboque brasileiro 4,4 m e rodotrem), permitindo quantificar o impacto das particularidades geométricas nacionais sobre o parâmetro Cd.A.

5. DO PRAZO PARA CONCLUSÃO DO PROJETO

O prazo para a conclusão do estudo integrado deve ser compatível com o cronograma estabelecido pela PORTARIA MDIC/GM Nº 176/2025 e com a encomenda tecnológica “ANEXO A: ETEC 1 - ADAPTAÇÃO DA FERRAMENTA DE SIMULAÇÃO VECTO ÀS CONDIÇÕES DE CONTORNO BRASILEIRA EM ATENDIMENTO AO REQUISITO DO PROGRAMA MOVER”, a saber:

- Até 31 de outubro de 2026: Preparação dos modelos sólidos (CAD) das configurações do item **D. Planejamento das Campanhas e Execução Técnica**;
- Até 30 de novembro de 2026:
 - Resultados brutos e comparação de *air drag* (Cd.A) dos ensaios com as CVCs;
 - Resultados brutos de vento lateral (β/yaw) das configurações.
- Até 31 de março de 2027: Resultado da avaliação das alternativas de procedimento de aquecimento e de faixa de temperatura ampliada;

Fica acordada a disponibilização dos resultados preliminares obtidos neste projeto, de forma a apoiar e subsidiar o desenvolvimento da encomenda tecnológica “ANEXO A: ETEC 1 – ADAPTAÇÃO DA FERRAMENTA DE SIMULAÇÃO VECTO ÀS CONDIÇÕES DE CONTORNO BRASILEIRAS EM ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DO PROGRAMA MOVER”.

