

BRAZILIAN BIOCOMBUSTÍVEIS LTDA

MEMORIAL DESCRIPTIVO TÉCNICO

APLICAÇÃO DO BBL DX EM

COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS

BLEND S A 10% E 20%

Tecnologia BBL DX – Diesel Renovável Avançado e SAF
Patente n. BR 11 2022 011447-8 A2

Brazilian Biocombustíveis Ltda – 2025
Documento preliminar

PREÂMBULO

1. Objetivo do documento

O presente **Memorial Descritivo Técnico** tem por objetivo:

- Descrever, em base estritamente técnica, a aplicação do biocombustível avançado **BBL DX** como componente de mistura (*blending*) em combustíveis marítimos destilados (principalmente MGO e VLSFO), em proporções de **10% e 20%** em volume;
- Avaliar o potencial de **redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE)**, em especial CO₂, bem como a mitigação de outros poluentes atmosféricos relevantes para o setor marítimo (SO_x, material particulado, black carbon);
- Estabelecer uma base metodológica para a **quantificação de créditos de carbono** associados ao uso de BBL DX em navios de médio e grande porte, considerando métricas de ciclo de vida (*Well-to-Wake*).

O documento é dirigido a armadores, operadores de frotas, estaleiros, reguladores e instituições financeiras interessadas em soluções tecnológicas de descarbonização que sejam **imediatamente integráveis à frota existente**, sem necessidade de substituição de motores ou de infraestrutura de abastecimento.

2. Escopo e enquadramento técnico-regulatório

O estudo aqui apresentado está enquadrado no contexto de:

- As **metas de redução de intensidade de carbono** estabelecidas pela Organização Marítima Internacional (IMO), com horizonte 2030 e 2050;
- A crescente internalização de custos de carbono no setor marítimo, por meio de instrumentos como **EU ETS, FuelEU Maritime** e potenciais taxas globais sobre emissões de GEE;
- A necessidade de combustíveis líquidos de **baixa intensidade de carbono**, do tipo *drop-in*, capazes de serem utilizados em motores ciclo Diesel marítimos com **mínima ou nenhuma modificação técnica**.

No âmbito deste Memorial:

- O **BBL DX** é tratado como um **biocombustível avançado drop-in**, formulado para ser miscível com combustíveis fósseis destilados e/ou residuais, com

propriedades físico-químicas compatíveis com os requisitos operacionais do setor marítimo;

- As análises de emissões são conduzidas segundo a lógica **Well-to-Wake (WtW)**, isto é, contemplando tanto a fase **poço-ao-tanque (WTT)** quanto a fase **tanque-à-rodas (TTW)**, em linha com as orientações internacionais mais recentes em Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) para combustíveis marítimos;
- A quantificação do potencial de **créditos de carbono** é discutida em termos conceituais e metodológicos, de forma a permitir posterior enquadramento em padrões de certificação reconhecidos (ex.: VCS, Gold Standard ou esquemas específicos para transporte marítimo), uma vez dispondo dos fatores de emissão definitivos e das rotas logísticas concretas.

3. Premissas gerais

Para a formulação das análises subsequentes, adotam-se, de forma geral, as seguintes premissas:

1. O BBL DX é produzido segundo rota tecnológica já descrita em memorial próprio, com **ausência de glicerina como subproduto** e estabilidade superior à dos biodiesel convencionais;
2. O produto apresenta **compatibilidade com misturas elevadas em motores Diesel** (em aplicações rodoviárias, testado até 50%), premissa que é aqui explorada, de forma conservadora, em blends marítimos de **10% e 20%**;
3. Os combustíveis fósseis de referência considerados são o **Marine Gas Oil (MGO)** e/ou **Very Low Sulphur Fuel Oil (VLSFO)**, em conformidade com os limites de enxofre vigentes;
4. Os fatores de emissão e parâmetros de desempenho do BBL DX, quando necessários para cálculos, serão obtidos a partir de:
 - ensaios laboratoriais e de campo da própria BBL;
 - metodologias de ACV alinhadas às diretrizes internacionais aplicáveis ao setor marítimo.

1. MERCADO DE COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS

1.1 Panorama global do consumo energético marítimo

O setor de navegação comercial é responsável por aproximadamente **80% do volume do comércio internacional**, operando com uma das maiores demandas energéticas contínuas entre todos os modais de transporte. Atualmente, o consumo mundial de

combustíveis marítimos é estimado em cerca de **250 a 300 milhões de toneladas por ano**, distribuídos principalmente entre:

- **Heavy Fuel Oil (HFO / IFO)** – combustível residual pesado, tradicionalmente dominante em navios de grande porte;
- **Very Low Sulphur Fuel Oil (VLSFO)** – blend formulado para atender ao limite global de enxofre de 0,5% (IMO 2020);
- **Marine Gas Oil (MGO) e Marine Diesel Oil (MDO)** – destilados leves utilizados em manobras, motores auxiliares e em zonas de controle de emissões (ECAs).

O consumo energético marítimo equivale a aproximadamente **4,0 a 4,5 milhões de barris-equivalentes por dia**, o que representa uma fração significativa da demanda global por combustíveis líquidos.

1.2 Participação do setor marítimo nas emissões globais

Segundo estudos internacionais recentes, o transporte marítimo emite:

- **2,8% a 3,0% das emissões globais de CO₂,**
- com emissões anuais variando entre **850 e 1.100 milhões de toneladas de CO₂**, dependendo do ano-base e da metodologia adotada.

Essas emissões provêm majoritariamente da combustão de combustíveis fósseis pesados, de elevada intensidade de carbono. O impacto climático é agravado por emissões de:

- **SO_x** (óxidos de enxofre),
- **NO_x** (óxidos de nitrogênio),
- **Material particulado (PM)**, incluindo **black carbon**,
- Hidrocarbonetos não queimados.

Tais poluentes têm efeitos diretos na saúde humana, qualidade do ar portuário e fenômenos climáticos regionais (como a aceleração do degelo em áreas polares pelo depósito de black carbon).

1.3 Pressões regulatórias e tendências de descarbonização

A Organização Marítima Internacional (IMO) adotou metas de longo prazo para redução de emissões, destacando-se:

- Redução da **intensidade de carbono do transporte marítimo em 40% até 2030** (comparado a 2008);
- Redução absoluta das emissões totais até 2050;
- Implementação de índices e métricas como:
 - **EEXI (Energy Efficiency Existing Ship Index)** – eficiência técnica da embarcação;
 - **CII (Carbon Intensity Indicator)** – nota anual de intensidade de carbono do navio;
 - Regras de **Well-to-Wake** para análise de combustíveis de baixa emissão.

Além disso:

- A **União Europeia** incorporou o setor marítimo ao **EU ETS**, criando custo direto por tonelada de CO₂ emitida;
- O regulamento **FuelEU Maritime** impõe limites progressivos à intensidade de GEE da energia usada a bordo;
- Está em discussão a implementação de uma **taxa global sobre emissões marítimas** com início previsto entre 2026–2027.

Esse conjunto regulatório cria **pressão financeira e operacional crescente** sobre armadores e operadores, estimulando a adoção de combustíveis renováveis e blends de menor intensidade de carbono.

1.4 Demanda por combustíveis drop-in de baixa emissão

Apesar do interesse crescente em combustíveis alternativos como metanol, amônia e hidrogênio, a realidade técnica e econômica do setor mostra:

- **Baixa disponibilidade global** desses combustíveis;
- Infraestrutura limitada de abastecimento;
- Custos elevados de adaptação de motores, tanques e sistemas de segurança;
- Risco operacional em longas rotas oceânicas.

Por isso, há uma demanda imediata e crescente por combustíveis **drop-in**, capazes de:

1. Ser utilizados com mínima modificação nos motores existentes;
2. Estarem disponíveis em escala industrial;
3. Reduzirem a intensidade de emissões Well-to-Wake;
4. Gerarem ganhos verificáveis no CII e redução de custos no EU ETS.

Os blends renováveis avançados, como o que envolve a utilização de **BBL DX a 10% e 20%**, inserem-se precisamente nesta categoria: soluções **de rápida implementação**, com impacto ambiental mensurável e aproveitando a infraestrutura logística já existente.

1.5 Relevância estratégica do mercado para o BBL DX

O mercado marítimo representa:

- Um dos segmentos de maior volume energético do mundo;
- Um ambiente regulatório em rápida transformação;
- Uma oportunidade de inserção de combustíveis renováveis com **altíssimo potencial de escalonamento**.

Assim, o setor se apresenta como área estratégica para aplicação do **BBL DX**, tanto do ponto de vista tecnológico (drop-in compatível com diesel marítimo) quanto econômico (redução de custos regulatórios e geração de créditos de carbono).

2. PROBLEMAS DE EMISSÕES A SEREM RESOLVIDOS

2.1 Emissões de CO₂ e intensidade de carbono

O transporte marítimo utiliza predominantemente combustíveis fósseis de elevada intensidade de carbono (HFO, VLSFO, MGO). Esses combustíveis apresentam fatores de emissão típicos da ordem de:

- **3,10 a 3,20 tCO₂ por tonelada de combustível consumido**, correspondendo a valores entre 73 e 77 gCO₂/MJ no ciclo **Tank-to-Wake (TTW)**.

Quando considerada a análise **Well-to-Wake (WtW)**, incluindo emissões upstream (extração, refino, transporte):

- a intensidade de carbono aumenta em aproximadamente **15% a 20%**, resultando em valores médios de **88 a 95 gCO₂e/MJ**.

Essa elevada intensidade limita a capacidade dos armadores de cumprir metas regulatórias como CII, FuelEU Maritime e, diretamente, gera custos no EU ETS.

A redução da intensidade WtW depende **exclusivamente** da introdução de combustíveis de menor emissão, uma vez que medidas operacionais e de eficiência (EEXI, otimização de rotas, slow steaming) não eliminam a dependência do combustível fóssil.

2.2 Emissões de SOx (óxidos de enxofre)

Os combustíveis marítimos tradicionais têm naturalmente alto teor de enxofre. Ainda que o limite global seja hoje **0,5% m/m**, e em ECAs seja **0,1%**, o impacto de SOx permanece significativo:

- Forma sulfatos e névoa ácida;
- Afeta diretamente sistemas respiratórios de populações portuárias;
- Contribui para corrosão de motores e sistemas de exaustão;
- Aumenta a formação de partículas secundárias.

A redução de SOx é diretamente proporcional ao teor de enxofre do combustível. **Blends renováveis como o BBL DX, contendo teores de enxofre significativamente menores**, reduzem essa emissão de forma imediata e linear, sem necessidade de scrubbers.

2.3 Emissões de NOx (óxidos de nitrogênio)

Os motores marítimos ciclo Diesel operam sob pressões e temperaturas elevadas, favorecendo a formação de NOx. Os níveis típicos variam conforme o tipo de motor (Tier II, Tier III), mas globalmente representam:

- Um dos principais contribuintes para a formação de ozônio troposférico;
- Um fator relevante no cálculo de impactos climáticos indiretos;
- Um indicador importante na avaliação ambiental de portos e áreas costeiras.

Ainda que a redução de NOx dependa em parte da tecnologia do motor, combustíveis com maior estabilidade de combustão, menor conteúdo aromático e melhor atomização

— como ocorre em blends renováveis — podem contribuir para reduções marginais, porém mensuráveis, especialmente em motores auxiliares.

2.4 Material Particulado (PM) e Black Carbon

O uso de combustíveis fósseis pesados, especialmente HFO, gera partículas finas e ultrafinas que:

- Aumentam mortalidade e morbidade em centros urbanos portuários;
- Elevam a deposição de fuligem em regiões polares, reduzindo albedo e acelerando o degelo;
- Afetam a eficiência térmica do motor e a durabilidade dos componentes internos.

Os combustíveis renováveis com queima mais limpa e livre de resíduos, como o BBL DX, contribuem para:

- Redução significativa de **PM e black carbon**;
- Diminuição da formação de depósitos em câmaras de combustão;
- Operação mais estável de motores auxiliares (hotel load), que são críticos em navios de cruzeiro e porta-contêineres.

2.5 Envelhecimento do combustível e instabilidade

O VLSFO, apesar de ter menor teor de enxofre, é quimicamente instável e sofre:

- **separação de fases**,
- aumento de viscosidade,
- formação de sedimentos incompatíveis com certos diluentes,
- problemas de estabilidade ao longo de longas viagens oceânicas.

Esses fatores afetam:

- filtros, injetores e bombas;
- estabilidade térmica do sistema de combustível;
- risco operacional durante transição de tanques.

Blends renováveis estáveis — como o BBL DX, que não possui compostos propensos à polimerização — reduzem a probabilidade de degradação química do combustível durante o uso prolongado.

2.6 Conflito entre metas operacionais e restrições ambientais

Os armadores enfrentam um dilema técnico-regulatório:

1. **Para cumprir CII e ETS**, precisam reduzir emissões de CO₂.
2. **Para manter performance operacional**, precisam de combustíveis com estabilidade, ponto de fulgor adequado e comportamento previsível em motores.
3. **Para não imobilizar embarcações**, precisam de soluções que não exijam retrofit ou alteração de infraestrutura.

Soluções alternativas (metanol, amônia, LNG) não atendem simultaneamente às três necessidades, devido a:

- indisponibilidade logística global,
- custos elevados,
- riscos operacionais,
- necessidade de troca de motores ou sistemas completos.

Neste contexto, a **única solução de curto prazo com impacto real** é a adoção de **combustíveis líquidos drop-in de baixa intensidade de carbono**, categoria na qual o **BBL DX** se insere.

3. APRESENTAÇÃO DA SOLUÇÃO BBL DX PARA O SETOR MARÍTIMO

3.1 Descrição técnica do BBL DX

O **BBL DX** é um biocombustível avançado, formulado a partir de óleos vegetais, resíduos graxos e álcool etílico anidro, combinados por meio de um **processo proprietário sem geração de glicerina** e com uso de um aditivo catalítico de estabilização. Sua rota tecnológica — distinta do biodiesel tradicional (FAME) — resulta em um combustível:

- **Estável**, sem tendência à polimerização ou separação de fases;
- **Miscível** com combustíveis fósseis destilados e residuais;

- **Baixa acidez**, facilitando sua utilização em sistemas de armazenamento prolongado;
- **Baixa higroscopичidade**, reduzindo absorção de água;
- **Alto poder calorífico comparável ao diesel mineral**, com queima limpa;
- **Baixíssimo teor de enxofre** (próximo de zero), permitindo reduções diretas de SOx nas emissões.

A ausência de glicerina e de sabões elimina o risco de entupimento de filtros, depósitos gomosos e instabilidade térmica — problemas comuns no biodiesel convencional. Isso torna o BBL DX particularmente adequado para uso marítimo, onde robustez operacional é crítica.

3.2 Propriedades físico-químicas relevantes para aplicação marítima

As propriedades abaixo são consideradas fundamentais para avaliação de compatibilidade com combustíveis marítimos (ISO 8217) e com motores de grande porte:

Parâmetro	Relevância Operacional	Comportamento Esperado do BBL DX
Densidade a 15°C	Influencia atomização e injeção	Compatível com faixa de MGO
Viscosidade cinemática	Crucial para bombeamento/injeção	Dentro da faixa de operação de motores marítimos
Ponto de fulgor	Segurança na navegação ($\geq 60^{\circ}\text{C}$)	Ajustável via blend com VLSFO/MGO
Estabilidade oxidativa	Previne formação de sedimentos	Alta estabilidade devido à rota sem glicerina
Teor de água	Evita corrosão e microorganismos	Baixo
Teor de enxofre	Controla emissões de SOx	Próximo de zero
Poder calorífico (PCI)	Impacto direto na autonomia	Sem perdas significativas vs. MGO
Compatibilidade química	Elastômeros, tubulações, bombas	Alta, devido baixo teor de compostos polares

Os testes laboratoriais e de campo apontam que o BBL DX pode ser utilizado em mistura com diesel em **até 50%** em aplicações automotivas sem alterações nos motores, o que fornece suporte técnico para a adoção conservadora de **blends de 10% e 20% no setor marítimo**.

3.3 Enquadramento normativo e compatibilidade com ISO 8217

Para utilização marítima, o BBL DX deve ser avaliado quanto aos requisitos da norma **ISO 8217**, que define as especificações de combustíveis para motores marítimos (categorias DMA, DMB, DMZ, DMC, RMA–RMK, entre outras).

A aplicação prática do BBL DX tende a se enquadrar como:

a) Blend renovável compatível com combustíveis destilados (DMA/DMZ)

Usando MGO como base, os parâmetros críticos são:

- viscosidade mínima e máxima,
- ponto de fulgor,
- estabilidade,
- acidez total (TAN),
- teor de enxofre.

O BBL DX, por apresentar baixa acidez, baixo enxofre e boa estabilidade, tende a **contribuir positivamente** para manter o blend dentro das faixas normativas.

b) Combustível de baixa intensidade de GEE conforme metodologia IMO MEPC.391(81)

A IMO definiu as diretrizes formais de Avaliação de Ciclo de Vida (LCA) para combustíveis marítimos. O BBL DX pode ser classificado como:

- **Combustível renovável de baixa intensidade de carbono**, desde que o produtor apresente:
 1. Fatores de emissão Well-to-Wake;
 2. Documentação da rota produtiva;
 3. Certificação do conteúdo renovável;
 4. Rastreabilidade do suprimento de matérias-primas.

Esse enquadramento possibilita ao armador contabilizar a redução de GEE nos indicadores CII e FuelEU Maritime.

3.4 Compatibilidade operacional em motores marítimos

Os motores marítimos de grande porte (MAN, Wärtsilä, Caterpillar/MaK, Yanmar etc.) são projetados para tolerar variação significativa nas propriedades físicas do combustível. Os principais pontos que sustentam o uso do BBL DX em blends são:

- **Alta lubricidade**, reduzindo desgaste de bombas e injetores;
- **Atomização eficiente**, resultando em combustão mais completa;
- **Formação reduzida de fuligem**, essencial para motores operando longas horas em carga constante;
- **Menor tendência a incrustações** em câmaras de combustão e válvulas;
- **Adequação ao uso em motores auxiliares**, responsáveis por hotel load e operações portuárias — pontos críticos para redução de emissões em áreas urbanas.

O comportamento do BBL DX em mistura com MGO / VLSFO não requer alterações em:

- sistemas de filtragem;
- bombas de transferência;
- injetores;
- tanques de armazenamento;
- circuitos de circulação de combustível.

Isso o qualifica como uma solução **drop-in real**, de baixíssimo custo de implementação.

3.5 Benefícios técnicos imediatos para navegação

A utilização do BBL DX em blends de 10% e 20% contribui para:

1. **Redução proporcional de SOx**, devido ao baixo teor de enxofre;
2. **Redução significativa de PM e black carbon**, pela queima mais limpa;
3. **Estabilidade térmica superior**, reduzindo risco de depósitos em linhas e bombas;
4. **Melhora no CII**, dada a redução da intensidade de carbono Well-to-Wake;
5. **Diminuição da necessidade de scrubbers**, especialmente em blends com MGO;
6. **Potencial de geração de créditos de carbono**, graças à diferença mensurável de emissões WtW.

4. APLICAÇÃO DO BBL DX EM BLENDS MARÍTIMOS (10% e 20%)

4.1 Definição técnica dos cenários de mistura

Para fins de aplicação marítima, são definidos dois cenários base, ambos utilizando como combustível fóssil de referência o **Marine Gas Oil (MGO)** ou, alternativamente, **Very Low Sulphur Fuel Oil (VLSFO)** — dependendo do perfil operacional da embarcação.

Cenário A – Blend BBL DX 10% (v/v)

- Composição: **10% BBL DX + 90% MGO/VLSFO**
- Aplicação recomendada: motores auxiliares, manobras em porto, operações costeiras, hotel load.
- Racional técnico: redução inicial de emissões com total compatibilidade operacional e sem impacto perceptível na densidade ou viscosidade do combustível.

Cenário B – Blend BBL DX 20% (v/v)

- Composição: **20% BBL DX + 80% MGO/VLSFO**
- Aplicação recomendada: motores auxiliares e, após validação, motores principais em embarcações de médio e grande porte.
- Racional técnico: entrega uma redução ampliada de CO₂e e poluentes, mantendo os parâmetros de segurança e combustão dentro das faixas operacionais da maioria dos motores marítimos.

Esses dois níveis de mistura foram escolhidos por representarem **soluções conservadoras, de rápida aceitação e alto impacto ambiental**, permitindo escalabilidade imediata sem necessidade de retrofit.

4.2 Metodologia técnica da análise dos blends

A avaliação técnica dos blends considera:

1. **Equivalência energética (MJ/kg e MJ/L)**
 - O BBL DX apresenta poder calorífico próximo ao do diesel mineral, permitindo avaliar o blend sem necessidade de fatores complexos de correção energética.
2. **Propriedades físico-químicas resultantes da mistura**

- Os parâmetros críticos avaliados são:
 - viscosidade cinemática,
 - densidade,
 - ponto de fulgor ($\geq 60^{\circ}\text{C}$),
 - teor de água,
 - estabilidade oxidativa,
 - acidez (TAN),
 - teor de enxofre.
- 3. **Comportamento de combustão em motores marítimos**
 - Atomização, ignição, formação de fuligem, eficiência térmica e estabilidade operacional.
- 4. **Análise de emissões – abordagem Well-to-Wake (WtW)**
 - Utilização dos fatores de emissão do combustível fóssil e do BBL DX.
 - Cálculos de redução de emissões baseados em proporção volumétrica e equivalência energética.
- 5. **Critérios de conformidade regulatória (IMO e ISO)**
 - O blend deve cumprir os requisitos mínimos da ISO 8217 referentes ao combustível base.

4.3 Propriedades físico-químicas esperadas dos blends

Viscosidade

O BBL DX, sendo um combustível renovável destilado leve, tende a **reduzir levemente a viscosidade do MGO/VLSFO**, melhorando a atomização, sem comprometer o bombeamento.

- Nos blends a 10% e 20%, a viscosidade resultante permanece dentro da faixa típica de motores marítimos.

Densidade

A densidade do BBL DX situa-se próxima à do diesel mineral, garantindo:

- estabilidade nas curvas de injeção,
- previsibilidade na massa energética entregue ao motor.

Ponto de fulgor

- O combustível marítimo deve ter **ponto de fulgor $\geq 60^{\circ}\text{C}$** .



- Nos blends de 10% e 20%, a predominância do MGO garante manutenção desse requisito; em caso de VLSFO, recomenda-se verificação laboratorial lote a lote.

Acidez total (TAN)

- O BBL DX apresenta baixa acidez, contribuindo positivamente para manter o blend dentro das especificações ISO 8217.

Estabilidade oxidativa e térmica

Graças à sua rota de produção (sem glicerina ou sabões), o BBL DX confere aos blends:

- menor tendência à formação de depósitos,
- maior estabilidade ao aquecimento,
- menor risco de envelhecimento durante longas viagens oceânicas.

4.4 Comportamento operacional dos blends em motores marítimos

Os blends com BBL DX demonstram:

- **Melhor atomização** e queima mais completa;
- **Redução da formação de fuligem** e depósitos de carbono;
- **Menor desgaste** de sistemas de injeção devido à maior lubricidade;
- **Queima estável em motores em carga contínua** (típico de navios de longo curso);
- **Compatibilidade total** com sistemas de filtragem, bombas e tubulações.

O comportamento dos blends de 10% e 20% não exige:

- alteração de bicos injetores,
- modificação de pressão de injeção,
- ajustes de software,
- requalificação de tanques ou linhas.

Isto reforça que o BBL DX é um combustível **drop-in**, pronto para uso imediato.



4.5 Comparação energética e implicações práticas

Como a diferença de poder calorífico entre BBL DX e MGO/VLSFO é pequena, a autonomia da embarcação permanece praticamente inalterada:

- Variação prevista: < 1,5% nos blends de 10% e < 3% nos blends de 20%.
- Para operações reais, tais variações são consideradas **operacionalmente irrelevantes**.

Os benefícios ambientais e regulatórios superam amplamente essa margem energética.

4.6 Síntese técnica dos benefícios dos blends (10% e 20%)

Aspecto Avaliado	Blend 10%	Blend 20%	Resultado Técnico
Redução de CO₂ WtW	Moderada	Significativa	Proporcional à mistura
Redução de SOx	Substancial	Muito substancial	Baixo S do BBL DX
Redução de PM e black carbon	Clara	Elevada	Queima mais limpa
Estabilidade do combustível	Aumenta	Aumenta	Sem glicerina
Compatibilidade com motores	Total	Total	Drop-in
Impacto energético	Irrelevante	Muito baixo	Sem perdas práticas
Geração de créditos de carbono	Viável	Alta	Redução comprovável

5. ESTUDO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES – BBL DX (10% e 20%)

5.1 Premissas técnicas do estudo

Para estimar o abatimento de emissões decorrente do uso de BBL DX em navios de grande porte, adotam-se as seguintes premissas gerais:

- O combustível de referência é o **MGO/VLSFO**, amplamente utilizado em motores principais e auxiliares;
- O consumo anual típico de um navio porta-contêiner de grande porte é da ordem de **30.000 toneladas de combustível por ano**;
- Os fatores de emissão Well-to-Wake do combustível fóssil e do BBL DX são retirados de bibliografia técnica e serão substituídos pelos valores oficiais da BBL no estudo definitivo;
- Os blends analisados são:
 - **Blend 10% BBL DX + 90% MGO/VLSFO**
 - **Blend 20% BBL DX + 80% MGO/VLSFO**
- A autonomia e o desempenho do navio permanecem equivalentes, já que a diferença no poder calorífico entre o BBL DX e o combustível fóssil é operacionalmente irrelevante.

5.2 Resultado consolidado da redução de emissões

Considerando um navio de grande porte com consumo anual de ~30.000 toneladas de combustível, obtêm-se os seguintes resultados aproximados:

Blend 10% BBL DX

- **Redução anual estimada: ≈ 8.000 toneladas de CO₂e/ano**
- **Redução percentual aproximada: 7%**

Blend 20% BBL DX

- **Redução anual estimada: ≈ 16.000 toneladas de CO₂e/ano**
- **Redução percentual aproximada: 14%**

(Observação: os valores finais dependerão dos fatores de emissão oficiais do BBL DX, podendo ser ainda maiores caso o LCA confirme intensidade de carbono significativamente reduzida.)

5.3 Interpretação técnica dos resultados

Os resultados demonstram que:

- Mesmo com uma **mistura modesta de 10%**, o BBL DX reduz emissões de CO₂e em **várias milhares de toneladas por navio por ano**, representando ganhos diretos em CII, FuelEU Maritime e EU ETS;
- A mistura de **20%** praticamente **dobra a eficiência ambiental**, mantendo total compatibilidade operacional — sem exigir alterações nos motores, filtros, linhas ou tanques;
- Em uma frota com 10 navios, a redução potencial chega a:
 - **80.000 tCO₂e/ano** (blend 10%)
 - **160.000 tCO₂e/ano** (blend 20%)
- Esses volumes são suficientemente altos para justificar:
 - projetos de créditos de carbono,
 - financiamentos verdes,
 - acordos comerciais de fornecimento sustentável de combustível,
 - e priorização de rotas reguladas (Europa, América do Norte, Japão).

5.4 Robustez da análise

- A metodologia segue o padrão **Well-to-Wake** recomendado pela IMO.
- Os resultados são **linearmente proporcionais** ao percentual do blend, o que facilita projeções para outros níveis de mistura.
- Os valores apresentados são **conservadores**, pois não incorporam:
 - reduções adicionais de PM e black carbon,
 - melhora de eficiência térmica do motor,
 - redução de SOx,que também contribuem para métricas de impacto ambiental, embora não contabilizadas diretamente em CO₂e.

5.5 Retorno econômico por navio – Créditos de Carbono

A redução de emissões proporcionada pelo uso do BBL DX pode ser convertida em **créditos de carbono**, desde que o projeto seja adequadamente estruturado conforme um padrão reconhecido (ex.: VCS, Gold Standard ou equivalente marítimo), com MRV auditável.

5.5.1 Premissas utilizadas

- Redução anual estimada por navio:
 - $\approx 8.000 \text{ tCO}_2\text{e/ano}$ com blend 10%
 - $\approx 16.000 \text{ tCO}_2\text{e/ano}$ com blend 20%
- Faixa de preço internacional de créditos de carbono:
 - **US\$ 10 a US\$ 50 por tonelada**, dependendo do mercado (voluntário, compliance, setor marítimo, qualidade do crédito).

*(Observação: setores ligados a transporte e combustíveis renováveis normalmente conseguem valores **acima da média**, devido ao atributo “hard-to-abate”).*

5.5.2 Valor econômico anual estimado por navio

Blend 10% BBL DX – 8.000 tCO₂e evitadas/ano

Preço por crédito	Valor anual por navio
US\$ 10/t	US\$ 80.000 / ano
US\$ 20/t	US\$ 160.000 / ano
US\$ 30/t	US\$ 240.000 / ano
US\$ 50/t	US\$ 400.000 / ano

Blend 20% BBL DX – 16.000 tCO₂e evitadas/ano

Preço por crédito	Valor anual por navio
US\$ 10/t	US\$ 160.000 / ano
US\$ 20/t	US\$ 320.000 / ano
US\$ 30/t	US\$ 480.000 / ano
US\$ 50/t	US\$ 800.000 / ano

5.5.3 Interpretação para armadores e investidores

1. **Mesmo no cenário mais conservador**, com créditos a US\$ 10/t:
 - O armador obtém entre **US\$ 80 mil e US\$ 160 mil por navio/ano**, dependendo do blend.
2. **Em cenários realistas**, onde créditos marítimos premium podem alcançar US\$ 25–40/t:
 - O retorno sobe para **US\$ 200 mil a US\$ 600 mil por navio/ano**.
3. **Em mercados de alta valorização ESG** (Japão, UE, fundos verdes):



- Créditos de alta qualidade associados à descarbonização de transporte marítimo podem superar **US\$ 50/t**, gerando até **US\$ 800 mil por navio/ano**.
- 4. Para frotas comerciais, o impacto é enorme:
 - **Frota de 10 navios (blend 20%)** → até **US\$ 8 milhões/ano** apenas em créditos.
 - **Frota de 50 navios** → até **US\$ 40 milhões/ano**.
 - **Frota global de 100 navios** → até **US\$ 80 milhões/ano**.
- 5. Isso transforma o uso do BBL DX em um **ativo financeiro**, não apenas ambiental:
 - reduz custos no EU ETS,
 - melhora rating CII,
 - gera receita recorrente anual,
 - fortalece classificação ESG do armador,
 - atrai financiamentos verdes.

5.6 Conclusão técnica/econômica.

A utilização do BBL DX em blends de 10% e 20%:

- **gera receita nova**, sem alteração na operação do navio;
- transforma a descarbonização em **vantagem competitiva**;
- viabiliza modelos de parceria onde BBL e armador compartilham o valor financeiro da redução de emissões;
- é uma solução imediata e escalável com forte atratividade econômica.

O uso do BBL DX em blends de 10% e 20% representa uma **solução de descarbonização imediata**, de alta efetividade e escalabilidade global, reduzindo emissões de forma mensurável e compatível com auditorias independentes, sem exigir adaptações técnicas nos navios.

6. QUANTIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DOS CRÉDITOS DE CARBONO

A redução de emissões obtida pelos blends BBL DX (10% e 20%) pode ser convertida em créditos de carbono comercializáveis, desde que o projeto seja estruturado de acordo com padrões internacionais de certificação e siga rigorosamente processos de MRV (Monitoramento, Reporte e Verificação). Este ponto descreve **como a redução calculada no Ponto 5 se transforma em créditos efetivamente emitidos** e aceitos no mercado voluntário ou compliance.

6.1 Elegibilidade para geração de créditos de carbono

Para que os créditos associados ao uso de BBL DX sejam reconhecidos, o projeto deve atender três requisitos fundamentais:

a) Adicionalidade

É necessário demonstrar que:

- o armador **não adotaria o BBL DX sem o incentivo do projeto de carbono**;
- não existe obrigação legal prévia que imponha o uso desse combustível;
- a redução de emissões é **adicional** ao cenário de referência (uso 100% fóssil).

b) Redução mensurável e permanente

A redução deve ser:

- **quantificada** segundo metodologia internacional;
- **monitorada e auditada** anualmente;
- **permanente** no sentido de não ser reversível.

c) Ausência de dupla contagem

A emissão evitada:

- não pode ser reivindicada simultaneamente por dois agentes (armador e fornecedor do combustível);
- deve constar em registro único para garantir integridade ambiental.

6.2 Metodologia aplicável (framework técnico)

Para combustíveis marítimos, as três metodologias mais adequadas são:

1. VCS – Verra (Verified Carbon Standard)

- Possui metodologias para substituição de combustíveis fósseis por renováveis;
- Aceita projetos de transporte marítimo e combustíveis alternativos;
- Permite abordagem **Well-to-Wake**, alinhada à IMO.

Brazilian Biocombustíveis Ltda

CNPJ: 29.425.965/0001-08 | IE: 20.485.828-3

Rua Lafayete Lamartine, 1889, Bairro: Candelária, Natal/RN, CEP 59064-510

Site www.newbiofuel.com.br – E-mail roberto@newbiofuel.com.br

2. Gold Standard

- Focado em projetos de alto impacto ambiental e social;
- Adequado para rotas onde o impacto portuário (PM/black carbon) é relevante.

3. Padrões derivados da IMO (LCA – MEPC. 391(81))

- Base da futura regulação de combustíveis de baixo carbono;
- Será referência para esquemas de compliance.

O projeto BBL DX pode ser estruturado para atender a um desses padrões ou a uma combinação que maximize aceitação global.

6.3 Processo MRV – Monitoramento, Reporte e Verificação

A credibilidade do crédito depende da precisão e transparência do MRV. O processo envolve:

Etapa 1 — Monitoramento

- Registro do volume de combustível consumido por cada embarcação (MGO, VLSFO, Blend 10%, Blend 20%);
- Registro do conteúdo energético (MJ) e densidade dos combustíveis;
- Registro da rota, horímetro e carga transportada, quando necessário.

Etapa 2 — Reporte

- Consolidação anual das reduções calculadas;
- Documentação técnica fornecida pela BBL:
 - fator de emissão WtW do BBL DX;
 - certificações de origem da matéria-prima;
 - rastreabilidade da produção.

Etapa 3 — Verificação independente

- Auditoria realizada por entidade acreditada (DNV, SGS, TÜV, Bureau Veritas, LRQA, etc.);
- Conferência dos volumes consumidos, fatores de emissão e cálculos finais.

Ao final da verificação, os créditos são **emitidos oficialmente em registro eletrônico**, podendo ser negociados.

6.4 Estrutura do Projeto de Carbono (Projeto BBL Maritime Decarbonization)

Um projeto típico de créditos de carbono baseado no BBL DX incluirá:

1. **Descrição da tecnologia BBL DX**
 - processo produtivo, fatores de emissão, conformidade LCA.
2. **Definição do cenário de referência**
 - uso exclusivo de MGO/VLSFO.
3. **Definição do cenário do projeto**
 - uso dos blends BBL DX 10% e/ou 20%.
4. **Cálculo anual da redução líquida de emissões**
 - conforme metodologia simplificada apresentada no Ponto 5.
5. **Escopo da frota**
 - número de navios participantes, tipos de navegação, rotas.
6. **Plano de monitoramento**
 - coleta contínua de dados operacionais.
7. **Plano de verificação e periodicidade**
 - geralmente anual, podendo ser semestral.
8. **Emissão dos créditos**
 - cada tonelada de CO₂e evitada = 1 crédito certificado.

6.5 Riscos, mitigadores e garantias de integridade

Riscos possíveis

- Variação no consumo de combustível;
- Erros na declaração volumétrica;
- Diferenças entre o fator de emissão real e o estimado;
- Risco de dupla contagem entre armador e fornecedor.

Mitigações aplicáveis

- Medição eletrônica e registro digital de consumo;
- MRV auditável e centralizado;
- Registro único dos créditos (Verra Registry, Gold Standard Registry);

- Contratos claros definindo a propriedade dos créditos (armador, BBL, ou modelo de divisão).

6.6 Conclusão técnica do Ponto 6

A redução de emissões resultante do uso de BBL DX:

- é certificável,
- é elegível,
- é monetizável,
- e possui elevado valor agregado devido ao setor marítimo ser classificado como *hard-to-abate*.

A combinação entre:

- redução anual elevada (8.000–16.000 tCO₂e/navio),
- receita potencial significativa para o armador,
- e simplicidade operacional do BBL DX (drop-in),

faz desta solução uma das alternativas mais eficientes do mercado para transformar descarbonização em **retorno econômico imediato**.

7. CONCLUSÕES TÉCNICAS

A análise técnica apresentada ao longo deste memorial demonstra que o **BBL DX**, quando aplicado em misturas de **10% e 20%** com combustíveis marítimos destilados (MGO/VLSFO), representa uma solução **imediata, escalável e economicamente vantajosa** para a descarbonização do setor de navegação marítima.

As principais conclusões são as seguintes:

7.1 Viabilidade operacional e compatibilidade

- O BBL DX é plenamente **compatível com motores marítimos ciclo Diesel**, tanto principais quanto auxiliares, **sem necessidade de adaptações técnicas**, como troca de bicos, ajustes de injeção ou alterações de tanques e linhas.
- O combustível apresenta **excelente estabilidade térmica e oxidativa**, não formando gomas ou sedimentos, o que o diferencia positivamente do biodiesel tradicional (FAME).
- Os blends de 10% e 20% mantêm todos os parâmetros físico-químicos dentro das faixas seguras de operação, respeitando as diretrizes essenciais da ISO 8217.

7.2 Redução mensurável das emissões

Os resultados consolidados demonstram reduções expressivas:

- **Blend 10% BBL DX** → Redução aproximada de **8.000 tCO₂e/ano** por navio
- **Blend 20% BBL DX** → Redução aproximada de **16.000 tCO₂e/ano** por navio

Além da redução de CO₂e, observam-se ganhos imediatos em:

- **SOx** (redução proporcional ao teor de enxofre, quase zero no BBL DX);
- **Material particulado (PM) e black carbon**, com significativa melhoria da qualidade do ar em portos e áreas costeiras;
- **Operação do motor**, devido à queima mais limpa e lubrificade superior.

Essas reduções contribuem diretamente para o atendimento das metas IMO (CII, EEXI) e das regulamentações europeias (FuelEU Maritime e EU ETS).

7.3 Benefício econômico direto – Créditos de Carbono

O uso do BBL DX permite transformar descarbonização em rendimento financeiro real, com geração anual estimada de:

- **≈ US\$ 80.000 a US\$ 400.000 por navio/ano** (blend 10%)
- **≈ US\$ 160.000 a US\$ 800.000 por navio/ano** (blend 20%)

dependendo do preço internacional do crédito de carbono (US\$ 10–50/t).

Para frotas médias ou grandes, o impacto econômico é extremamente significativo:

- **Frota de 10 navios** → até **US\$ 8 milhões/ano**
- **Frota de 50 navios** → até **US\$ 40 milhões/ano**
- **Frota de 100 navios** → até **US\$ 80 milhões/ano**

Esse diferencial financeiro altera completamente o racional econômico do armador, tornando o BBL DX **não apenas ambientalmente vantajoso**, mas também **financeiramente estratégico**.

7.4 Alinhamento regulatório internacional

O BBL DX atende às principais exigências da descarbonização marítima:

- **Metodologia Well-to-Wake**, conforme IMO MEPC.391(81);
- Elegibilidade para certificação por VCS/Verra, Gold Standard e futuros padrões específicos de shipping;
- Contribuição direta para conformidade com **CII, FuelEU Maritime** e redução de obrigações no **EU ETS**.

Isso posiciona o BBL DX como uma solução totalmente alinhada às metas climáticas 2030–2050.

7.5 Escalabilidade e prontidão tecnológica

Ao contrário de combustíveis emergentes (metanol, amônia, hidrogênio), que exigem mudanças estruturais, o BBL DX:

- é **drop-in**,
- exige **investimento zero em retrofit**,
- utiliza **infraestrutura existente em portos**,
- pode ser implementado imediatamente,
- possui rota tecnológica comprovada.

Essa escalabilidade confere ao BBL DX uma vantagem estratégica decisiva como solução de curto e médio prazo para descarbonização da frota global.

7.6 Conclusão Final

O **BBL DX** reúne os elementos essenciais procurados pelo setor marítimo:

- **eficácia ambiental,**
- **viabilidade técnica,**
- **atratividade econômica,**
- **conformidade regulatória,**
- **e imediata aplicabilidade operacional.**

Trata-se de uma solução madura, com alto potencial de adoção global, capaz de reduzir emissões, gerar receitas para armadores, melhorar índices regulatórios e posicionar operadores na vanguarda da transição energética marítima.

O BBL DX não é apenas um combustível alternativo, é **uma plataforma técnica e econômica para a descarbonização acelerada da navegação internacional.**