

**Guia para  
ampliar a  
mobilidade  
elétrica fluvial  
na Amazônia  
Legal**



# Sumário

6  
6  
9  
9  
12  
16

18  
21  
22  
23  
27  
33  
38  
41

45  
46  
48  
49  
51  
51  
52  
54  
54  
55



CLIQUE PARA  
ACESSAR O CONTEÚDO

59  
61  
67  
71  
74  
76  
78  
83  
83  
87  
89  
90

91  
91  
95  
95  
100  
104

107

111  
117  
119  
123

126

 CLIQUE PARA  
ACESSAR O CONTEÚDO

# 1. Introdução

Esta publicação tem como principal objetivo gerar informações sobre mobilidade elétrica, com um recorte para barcos elétricos, e responder a algumas questões fundamentais sobre mobilidade elétrica nos rios da Amazônia Legal brasileira, com vistas a apoiar o desenvolvimento sustentável e a descarbonização dos meios de transporte regional, a redução de custos operacionais e o desenvolvimento tecnológico.

A publicação foi desenvolvida a pedido da Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD), com apoio do WWF-Brasil, motivados pela necessidade de um olhar crítico sobre o consumo de combustível fóssil na Amazônia Legal. Ao mesmo tempo, o texto busca ser propositivo e demonstrativo de casos e estudos práticos, particularmente associados aos benefícios que a geração distribuída (GD) traz para populações que vivem em comunidades isoladas e remotas. Também busca demonstrar o potencial que a GD com fontes renováveis pode gerar para o desenvolvimento sustentável da região, a exemplo dos programas de eletrificação rural com energia solar fotovoltaica em curso na Amazônia Legal, os quais poderiam ser expandidos para o modal de transporte de cargas e passageiros com muitos ganhos para a sociedade.

Adicionalmente, espera-se que o conteúdo desta publicação sirva de base para que tomadores de decisões e formuladores de políticas públicas, organizações sociais e demais agentes que atuam nesta região possam

**aprender, ampliar e criar condições favoráveis para que barcos elétricos sejam uma realidade na Amazônia Legal com ganhos sociais, ambientais, econômicos e tecnológicos.**

Os capítulos foram organizados para fornecer um contexto histórico das hidrovias na Amazônia e do uso de barcos elétricos no passado até o presente. Também são abordadas questões tecnológicas como os modelos de barco elétricos, suas características técnicas

e principais aplicações. Em seguida, busca-se entender o que existe de políticas públicas e o que pode ser melhorado nesse segmento. Os aspectos de design, mercado e componentes são avaliados no sentido de apontar para soluções adaptadas para a região Norte, que é o recorte territorial desta publicação.

Por fim, são apresentadas propostas concretas e possíveis projetos demonstrativos e/ou industriais, que apontam para um caminho de ampliação da mobilidade elétrica fluvial na Amazônia Legal. É apresentado um conjunto de ações estruturantes e de caminhos para um marco regulatório mais favorável para a aceleração desse setor, em linha com o que vem sendo pensado para a mobilidade elétrica automotiva. As propostas de projetos demonstrativos são para um barco elétrico para escola, concebido pela ABGD, uma proposta conceitual de transporte de carga e de passageiros com base nas características locais, particularmente com recorte na região de Manaus, capital do maior estado do país, mas que poderia ser muito bem a cidade de Belém do Pará, que guarda muita similaridade com Manaus pela proximidade do Rio Amazonas e afluentes.

Como pano de fundo, está presente nas análises de gargalos e oportunidades o desenvolvimento de mercado de transporte de baixas emissões de gases de efeito estufa (GEE) e de alto valor agregado no contexto da Governança Social e Ambiental (ESG, da sigla no inglês).

Este trabalho conta com suporte da Fundação Charles Stewart Mott, que tem apoiado diversos projetos e modelos de negócios no segmento de geração distribuída com fontes renováveis de energia, particularmente na Região Amazônica.

**A ABGD e o WWF-Brasil esperam contribuir com o desenvolvimento sustentável de um segmento de mercado de grande impacto na região Norte do país, com desdobramentos que podem cruzar fronteiras e apoiar os esforços da humanidade em reduzir as emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) para uma economia circular e de baixo carbono.**

## 2.

# Transição energética inclusiva e desenvolvimento sustentável

O Brasil tem como meta reduzir em 43% os seus níveis de emissões de gases de efeito estufa até 2030 em relação ao ano-base de 2005 (redução de 2,03 bilhões para 1,15 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente), de acordo com o compromisso firmado, em 2016, no Acordo de Paris da Convenção de Clima da ONU (Organização das Nações Unidas).

Essa meta de descarbonização e redução de emissões só será atingida se houver uma mudança representativa na matriz energética global, incluindo a eletrificação do transporte de massa e de carga, que ainda é muito dependente do combustível fóssil. Assim, será necessário um conjunto de políticas com participação ampla dos agentes públicos, da sociedade civil organizada e do setor privado.

A partir dos anos 2000, o movimento de transportes sustentáveis passou a ganhar mais tração, com apresentação de metas e instrumentos políticos e comerciais mais direcionados à mobilidade elétrica, particularmente veículos de pequeno porte.

### 2.1. Desenvolvimento sustentável

De acordo com as Organizações da Nações Unidas (ONU), entende-se por “desenvolvimento sustentável” o modelo social, econômico e ambiental que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades, definido em “Nosso Futuro Comum” [ONU, 1987]. Sendo assim, todos os projetos de mobilidade deveriam, na sua concepção básica, considerar os aspectos sustentáveis como premissa fundamental e de sucesso, de modo que os combustíveis fósseis não fossem mais utilizados na maior brevidade possível.

Em 2015, a ONU lançou a Agenda 2030, uma ampliação do conceito e necessidades de melhor entendimento e estabelecimento de metas para o desejado Desenvolvimento Sustentável. Trata-se de um acordo visando à obtenção de objetivos até o ano de 2030. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são uma agenda mundial adotada durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável em setembro de 2015, composta por 17 objetivos e 169 metas a serem atingidos até 2030, conforme Figura 1 a seguir.

Os ODS, por sua vez, já são um aprimoramento do Objetivos do Milênio (ODM), também liderados pela ONU anteriormente. As nações e empresas muitas vezes se comprometem publicamente para ajudar a alcançar determinado objetivo, mas nem sempre esse comprometimento vira uma realidade.



**FIGURA 1**  
Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Fonte: ONU, 2015.

No Brasil as emissões de GEE são largamente atribuídas ao agronegócio e desmatamento e menos ao setor de energia e transporte. Apesar de na região Norte o uso de diesel para transporte ser muito utilizado, em todo o Brasil apenas 5% da carga e passageiros são transportados pelo modal hidroviário, contribuindo pouco para as emissões globais no país. Estudo realizado em Tocantins apontou que o modal hidroviário emite 67,32% menos CO<sub>2</sub> do que o modo rodoviário.

**A redução dessas emissões, particularmente a de CO<sub>2</sub>, é fundamental para o cumprimento das metas relacionadas às mudanças climáticas traçadas no Acordo de Paris e o atingimento dos ODS.**

O Acordo de Paris de 2015 é um marco internacional em que quase 200 países aprovaram o chamado que busca reduzir as emissões de GEE na atmosfera em quantidade suficiente para manter o aquecimento global abaixo de 2 °C, além de dobrar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5 °C.

Em razão da magnitude desse desafio, será necessário desenvolver opções de energia renovável também para o setor de transportes. Globalmente esse setor é grande contribuidor e responsável pelas emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas às atividades energéticas. Em 2017, o setor respondeu por cerca de um quarto do total das emissões mundiais de CO<sub>2</sub>, intensificando os efeitos do aquecimento global.

Na mobilidade de baixa emissão de carbono, no mínimo cinco ODS são atendidos. Assim, em uma perspectiva mais ampla, esses fatores e impactos nos ODS potencializaram o interesse geral na mobilidade elétrica e o direcionamento de esforços que visassem à implementação de tecnologias de propulsão mais eficientes, menos intensivas em carbono e capazes de suportar uma mobilidade mais sustentável.

Diferenças regionais e de território fazem com que países tenham posicionamentos e escolhas mais ou menos inclinadas à difusão da mobilidade elétrica. Há ainda motivações que correspondem às realidades geopolíticas e socioeconômicas particulares, o que faz com que alguns países europeus já tenham definido o banimento da venda de automóveis de combustão interna a partir do final desta década.

Essa discussão é importante não somente no âmbito do Estado enquanto agente regulador, promotor e gerenciador de políticas públicas que viabilizem a mobilidade elétrica. Também é fundamental que seja considerada a participação da iniciativa privada e da sociedade civil organizada.

Como os setores da economia, os agentes do setor privado têm um papel importante para o sucesso da adoção dessas novas tecnologias e na transição energética. Esses atores têm feito investimentos



e compromissos relacionados à liderança e projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), além da instalação de infraestruturas energéticas de geração e de recarga, que são parte fundamental para viabilizar a propulsão de baixa emissão, seja na terra, rios ou mares.

## 2.2. Geração distribuída (*on-grid* e *off-grid*)

A micro e a minigeração distribuída consistem na produção de energia elétrica a partir de pequenas centrais geradoras que utilizam fontes renováveis de energia elétrica ou cogeração qualificada, conectadas à rede de distribuição (*on-grid*) por meio de instalações de unidades consumidoras (ANEEL, 2016). Aqueles sistemas não conectados à rede energia são classificados com sistemas isolados (*off-grid*).

### 2.2.1. Sistemas *on-grid*

Para efeitos de diferenciação, a microgeração distribuída *on-grid* refere-se a uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 quilowatts (kW), enquanto a minigeração distribuída diz respeito às centrais geradoras com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 megawatt (MW), para a fonte hídrica, ou 5 MW para as demais fontes (ANEEL, 2016).

O mercado de GD sofreu uma importante inovação trazida pela Resolução Normativa nº 482/2012, atualizada pela RN nº 687/2015, que é o Sistema de Compensação de Energia Elétrica e novas modalidades de negócios. Esse sistema permite que a energia excedente gerada pela unidade consumidora com micro ou minigeração seja injetada na rede da distribuidora, a qual funcionará como uma espécie de bateria, armazenando esse excedente (ANEEL, 2016).

Em momentos em que a produção de energia elétrica de um determinado sistema solar fotovoltaico é superior ao consumo instantâneo, a energia excedente é enviada para a rede da distribuidora local, sendo futuramente compensada ao consumidor quando o consumo for superior à produção de energia elétrica instantânea. Em outras palavras, quando a energia injetada na rede for maior que a consumida, o consumidor receberá um

crédito em energia (kWh) a ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário (para consumidores com tarifa horária) ou na fatura dos meses subsequentes. Os créditos de energia gerados continuam válidos por 60 meses, de modo que o consumidor dispõe de considerável flexibilidade em relação à produção descontínua de energia elétrica (ANEEL, 2016).

Há ainda a possibilidade de o consumidor utilizar esses créditos em outras unidades previamente cadastradas dentro da mesma área de concessão e caracterizada como autoconsumo remoto, geração compartilhada ou integrante de empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras (condomínios), em local diferente do ponto de consumo, definidas da seguinte forma:



**GERAÇÃO COMPARTILHADA:**

caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada (ANEEL, 2016);



**AUTOCONSUMO REMOTO:**

caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada (ANEEL, 2016);



**EMPREENDIMENTO COM MÚLTIPLAS UNIDADES**

**CONSUMIDORAS (CONDOMÍNIOS):**

caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora, e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento (ANEEL, 2016).

Os itens anteriores descrevem as bases nas quais a geração distribuída se apoia juridicamente e legalmente para viabilizar a estruturação dos negócios. O mercado da geração distribuída no Brasil tem apresentado considerável crescimento desde a RN 482/2012 e tem sido positivamente explorado pelo setor privado. Com a aprovação da Lei 14.300/2022, amplia-se o escopo, pois se “institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS)”.

A Lei 14.300/2022 permite às unidades consumidoras já existentes – e às que protocolaram solicitação na distribuidora até 06/01/2023 – a continuação, por mais 25 anos, dos benefícios hoje concedidos por meio do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE). Também define as regras que prevalecerão após 2045 e quais serão as normas aplicáveis durante o período de transição. (Agência Câmara de Notícias, 2022).

A Fundação Getúlio Vargas (FGV) comenta que “apesar das novas regras, simulações indicam que, dependendo do caso, a Lei 14300/2022 pode até beneficiar consumidores pequenos que desejam instalar sistemas de micro GD, mantendo ou, ainda, melhorando as condições de viabilidade econômica em relação à Resolução Normativa REN 482/2012. Dessa forma, cabe ressaltar que é bem provável que o mercado de GD continue crescendo a passos largos como nos últimos anos.

Segundo contabilização da ANEEL, atualmente existem mais de 1.700.000 de unidades consumindo energia a partir de usinas de geração distribuída, na maior parte utilizando a energia solar, somando uma potência acumulada de aproximadamente 17 GW, conforme dados da ANEEL (2023).

Outro fator importante para o crescimento da GD no Brasil é o financiamento cada vez mais favorável dos bancos privados.

**Desde a entrada de bancos e empresas no segmento de financiamento da energia solar, o crescimento se tornou exponencial.**

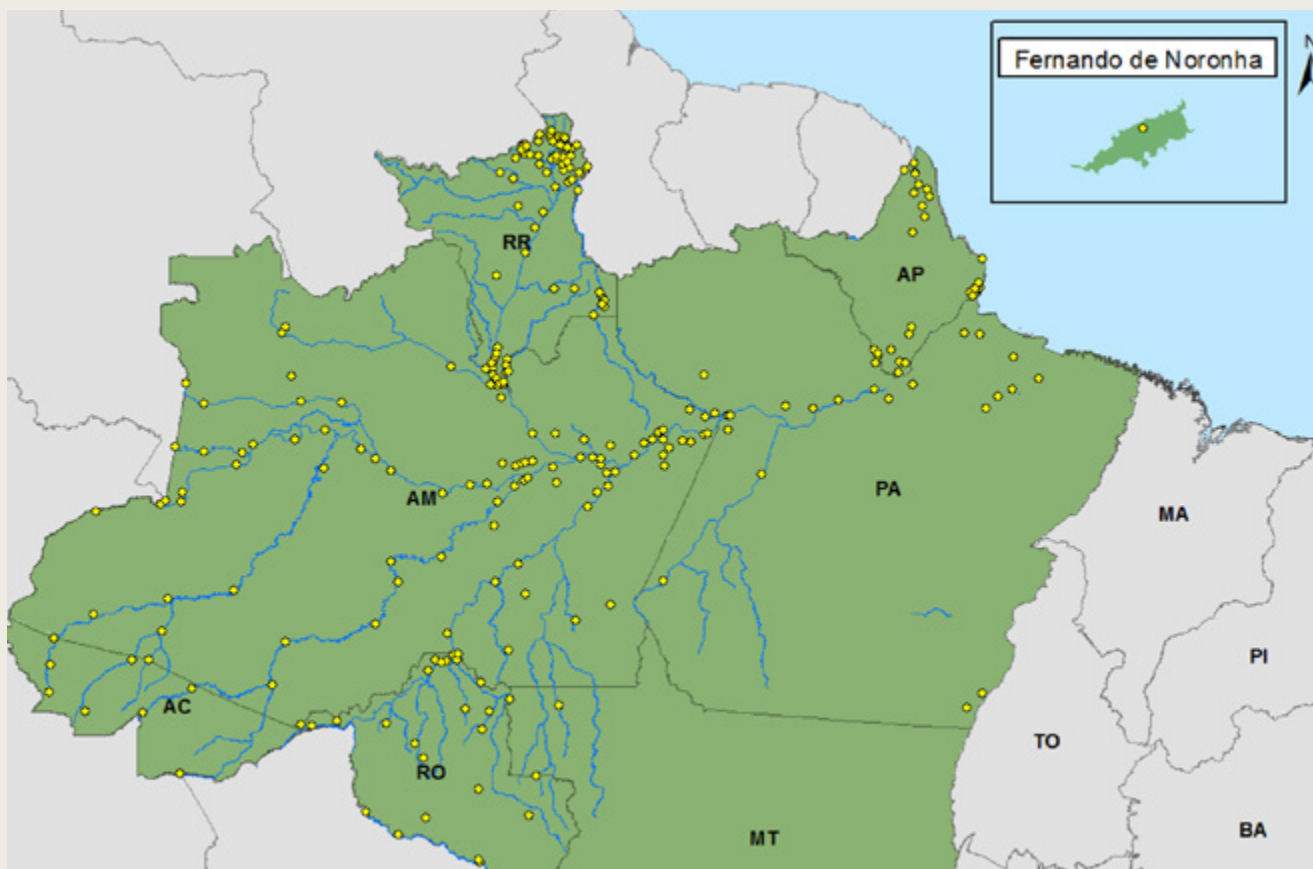
Muito importante frisar as dezenas de *fintechs* que foram criadas e passaram a atuar no financiamento de energia solar. Muitas dessas empresas são associadas à ABGD e são responsáveis pelo financiamento de milhares de sistemas solares.

### 2.2.2 Sistemas isolados (SI) e remotos (*off-grid*)

Os sistemas isolados são regulamentados pela Lei nº 12.111/2009 e Decreto nº 7.246/2010, como sistemas elétricos de serviço público de distribuição de energia elétrica que, em sua configuração normal, não estejam eletricamente conectados ao Sistema Interligado Nacional (SIN), por razões técnicas ou econômicas. Mas foi a Resolução Normativa Nº 493, de 5 de junho de 2012, que estabeleceu “os procedimentos e as condições de fornecimento por meio de Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica (MIGDI) ou Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente (SIGFI)”.

**FIGURA 2**  
Sistemas isolados na Amazônia Legal

Fonte: EPE, 2020.



A Figura 2 apresenta os sistemas isolados normatizados pela ANEEL e gerenciados pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica. Contudo, existem milhares de comunidades isoladas que possuem pequenos geradores que não são representados no mapa.

Normalmente o principal recurso utilizado em locais isolados é o diesel, que, apesar de ser uma fonte energética de geração confiável (caso exista a disponibilidade do combustível), possui custos elevados, dificuldade na logística de transporte e armazenamento, além dos problemas operacionais de manutenção e questões ambientais geradas com a queima do combustível.

1. Por definição da Resolução Normativa nº 493/2012, considera-se fonte de energia intermitente como “recurso energético renovável que, para fins de conversão em energia elétrica pelo sistema de geração, não pode ser armazenado em sua forma original” (ANEEL, 2012).

No entanto, há outras maneiras de expandir o acesso à energia. Desde a extensão da rede elétrica até soluções com sistemas isolados e remotos fazendo o uso de Sistema Individual de Geração Elétrica com Fonte Intermitente (SIGFI) e Microsistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica (MIGDI), inclusive com uso de outras fontes de energia, como o biogás, a biomassa, pequenos aproveitamentos hidroelétricos etc.

O Sistema Individual de Geração Elétrica com Fonte Intermitente<sup>1</sup> (SIGFI) é adotado para o atendimento de uma única unidade consumidora, em que o fornecimento é exclusivamente por meio de fonte de energia intermitente com geração local. Já os sistemas MIGDI, conceitualmente, são aqueles que formam uma minirrede de distribuição de energia para atendimentos de aglomerado de consumidores que estão relativamente próximos uns dos outros.

Portanto, a maior aplicação desses sistemas energéticos é nas comunidades e vilas onde não é possível, por questões técnicas e ambientais, estender a linha de distribuição ou de transmissão. Em algumas vilas remotas, comunidades tradicionais e indígenas, já existem minirredes para distribuição de energia proveniente de grupos geradores a diesel, que são passíveis de acoplamento com geradores de hidrogênio, conforme veremos mais adiante neste documento.

Um exemplo de comunidade isolada com atendimento por uma MIGDI é Vila Limeira, município de Lábrea, no Amazonas. Essa comunidade foi eletrificada a partir de um projeto do WWF-Brasil em parceria com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade



(ICMBio) e com apoio da Fundação Charles Stuart Mott (Mott), como parte do projeto Reservas Extrativistas Produtoras de Energia Limpa (Repel), que foi desenvolvido em duas Resex no sul do estado do Amazonas (Médio Purus e Ituxi). As fotos a seguir são do sistema solar fotovoltaico com baterias instalado em Vila Limeira, que poderia ser utilizado facilmente para carregar um barco elétrico.



**FIGURA 3**  
Foto de sistema solar

Fonte: WWF-Brasil, 2021.

**FIGURA 4**  
Foto de banco de bateria, controladores e inversores solares

Fonte: WWF-Brasil, 2021.



Durante a implantação do sistema solar em Vila Limeira, em agosto de 2021, foram realizadas atividades de treinamento e capacitação de moradores locais, utilizando manual de treinamento desenvolvido especificamente para a finalidade, com dados locais dos equipamentos que estavam sendo instalados.

O manual (cartilha) informava questões genéricas da geração de energia solar e com demais fontes renováveis. Explicava também sobre os principais componentes de um sistema de geração de energia para a zona rural, como os módulos fotovoltaicos, controlador de carga, baterias para armazenamento de energia etc.

**São ações como essas que poderão ser potencializadas com o projeto do Barco Solar da ABGD, que podem apoiar no monitoramento e manutenção de sistemas isolados, além de gerar informações para que o mercado se organize para fornecer soluções energéticas e tecnológicas para a Amazônia Legal.**

A existência dos SIGFIs e MIGDIs locais permite que os sistemas com fontes renováveis estejam acoplados com banco de baterias para armazenamento de energia, necessários em muitos locais pela sazonalidade de geração dos sistemas. Os sistemas híbridos (MIGDIs) são importantes, especialmente, para entregar qualidade e confiabilidade de geração. Assim, é importante entender as configurações desses sistemas e verificar a variedade de possibilidades de utilização deles frente aos sistemas puramente solares com baterias e aqueles puramente à base de energia fóssil.

No contexto da mobilidade elétrica que atende comunidades isoladas e remotas, os sistemas energéticos distribuídos e isolados serão de fundamental importância para recarregar baterias de barcos elétricos que operam nessas rotas transversais, transportando populações tradicionais por distâncias menores e com menor carga, gerando energia distribuída e localmente.

Vale ressaltar que, no interior da Amazônia, boa parte da geração de energia elétrica é feita por meio de motogeradores a diesel que compõem o Sistema Isolado (SI), conforme definido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). E, por conta dessa matriz elétrica fóssil, o carregamento das baterias terá grandes

chances de ser realizado por meio desses geradores, caso não haja uma mudança na matriz energética regional, adotando a energia solar em maior escala, conforme realizado em Vila Limeira.

### **2.3. Oferta de energia solar para geração distribuída**

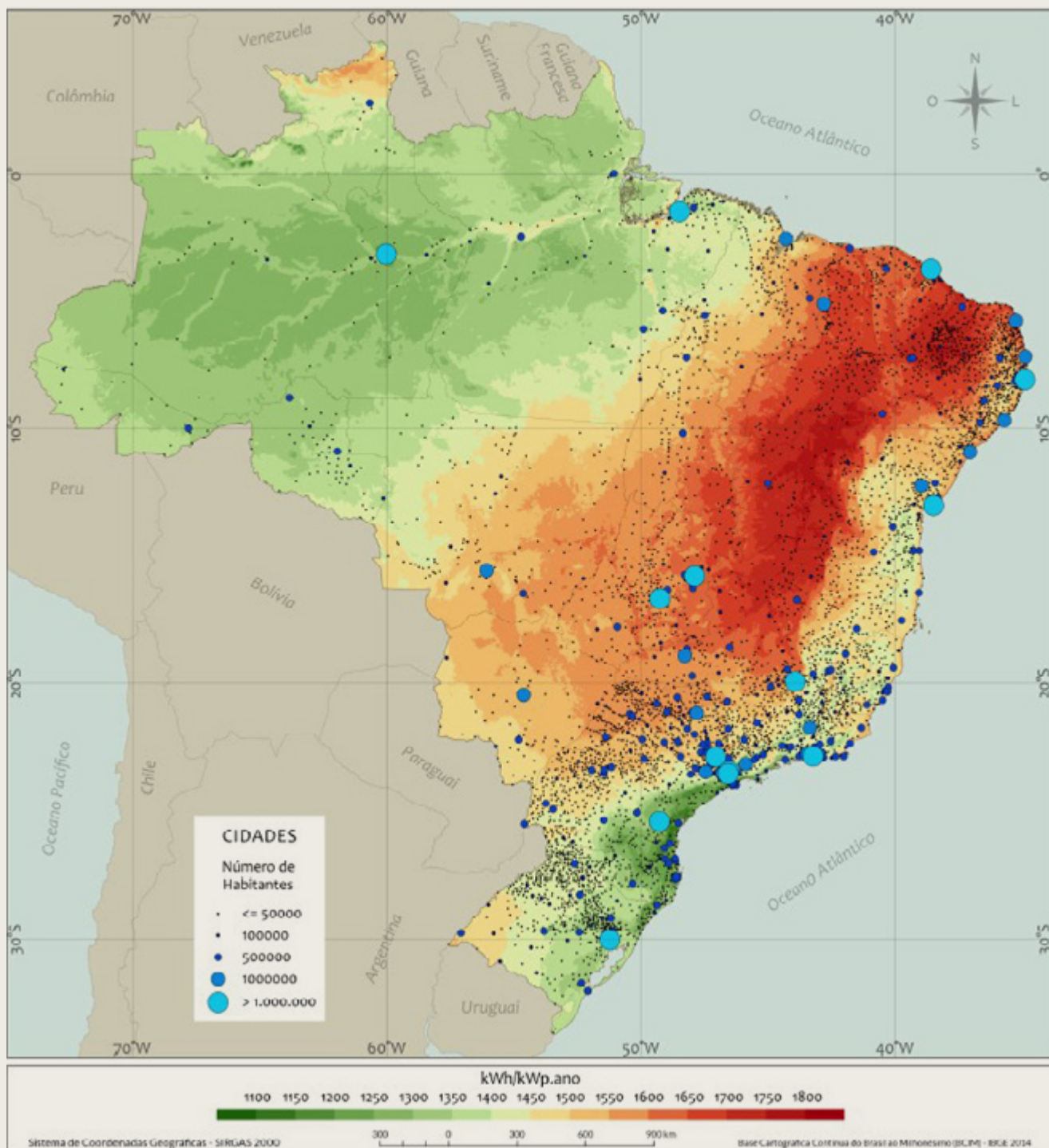
No âmbito mundial, o Brasil pode ser visto como um território privilegiado, que recebe relevantes índices de irradiação, superiores aos índices de países europeus, como, por exemplo, na Alemanha, Dinamarca e Suíça, que são tidos como referências mundiais no uso de sistemas energéticos que utilizam a tecnologia solar fotovoltaica, particularmente no uso em barcos.

No Brasil, a irradiação média está entre 4,1 kWh/m<sup>2</sup> e 6,5 kWh/m<sup>2</sup>, acima dos valores apresentados na área de maior incidência solar da Alemanha, que apresenta índices na ordem de 1,3 kWh/m<sup>2</sup> dia.

No recorte territorial da Amazônia, a geração de energia solar apresenta os desafios de muitas nuvens e menor irradiação solar quando em comparação com o resto do país. Ainda assim, a região possui um potencial de geração de energia solar suficiente para carregamento de baterias e acionamento de barcos elétricos puros, como será melhor detalhado mais adiante.

Uma alternativa seria ter postos de abastecimento de energia para barcos feitos em locais com geração solar ou outra tecnologia compatível com a realidade da Amazônia, como a biomassa, biogás, micro entrais hidroelétricas locais (a fio d'água), dentre outras.





**FIGURA 5**  
Potencial de geração  
de energia solar  
fotovoltaica

Fonte: Atlas  
Brasileiro de Energia  
Solar. INPE (2017).

### 3.

## Contexto histórico da mobilidade e os barcos elétricos

**A magnitude das distâncias explica as dificuldades da exploração e do povoamento da região Norte, pois são dezenas de dias de viagem por canoas a remo ou a vela para subir as calhas dos rios amazônicos.**

Portanto a região sempre necessitou para o seu desenvolvimento social e econômico de um sistema de navegação adequado às suas longas distâncias internas, algumas análogas às intercontinentais, equivalentes a uma travessia do Oceano Atlântico. Por exemplo, a rota Belém (PA) a Cruzeiro do Sul (AC) tem cerca de 8.580 km de extensão.

Os espanhóis foram os primeiros que deixaram registro histórico escrito sobre viagens nas calhas dos rios da Amazônia entre os anos de 1542 a 1558. Mas essas viagens nada produziram para a região, que começou a ser povoada pelos portugueses, cem anos após, com incursões no Maranhão e Pará.

Com a instauração do Império brasileiro no início do anos 1800 e a união da Amazônia a esse Império logo depois, a navegação cresceu nos rios da Amazônia e surgiu a tecnologia a vapor, que se apresentava como um fator econômico da nova era industrial, mas também de ordem política e estratégica para garantir a presença brasileira nas fronteiras, protegendo-as das pressões estrangeiras, além de desenvolver o comércio, diminuindo o preço do frete e aumentando a capacidade de transporte de carga e passageiros.

A navegação a vapor surgia, portanto, como um mecanismo favorável às comunicações e à dinamização do comércio, mas também servia para controlar economicamente o comércio fluvial que envolvia pequenos produtores e comerciantes locais.

De acordo com Siméia Lopes (2002), no sentido de coibir tal comércio, o emprego dos vapores passou a ser cogitado como uma medida de controle das rotas do comércio de regatão (o intermediário de cargas e comerciantes itinerantes) nos pontos considerados de maior fluxo. Naquele cenário, despontaram Manaus e Belém como os principais portos regionais.

No início do século 20, os motores a diesel começaram gradualmente a substituir aqueles a vapor, sendo usados até então em diversos tipos de embarcações. Hoje apenas alguns navios de museu ainda são movidos a vapor.

Os primeiros motores a diesel tiveram seus problemas, especialmente nas manobras. Antes do desenvolvimento de caixas de câmbio confiáveis e sem falhas, o que não era o caso até a década de 1950, um motor a diesel precisava ser desligado e revertido em rotação para dar marcha à ré.

**Ao se olhar o mercado de barcos atual, percebe-se que uma revolução global semelhante está ocorrendo num contexto amplo de transição energética.**

Assim como houve a transição do vapor para os combustíveis líquidos, a tendência de eletrificação de frotas é marcante neste século. Ou pelo menos está começando a surgir cada vez mais soluções de mobilidade elétrica e mais barcos estão sendo equipados com acionamentos elétricos, que evoluem rapidamente e estão se tornando mais adequados para o uso diário.

Os barcos elétricos englobam tecnologia que existe há muito tempo, tanto tempo quanto os próprios motores a diesel, que, nessa nova onda de desenvolvimento, estão pegando carona dos automóveis elétricos, particularmente no quesito de armazenamento de energia com novas baterias de maior capacidade e seus controles de carga e descarga mais eficientes.

Porém, desde a crise energética da década de 1970, o interesse por essa fonte de energia marítima silenciosa e potencialmente renovável tem aumentado continuamente, especialmente à medida que as células a combustível (hidrogênio) e energia

solar fotovoltaica se tornaram disponíveis, possibilitando pela primeira vez lanchas com alcance infinito, como veleiros, tendo sempre o sol renovando e recarregando as baterias.

Atualmente os barcos a motor elétrico representam uma solução altamente técnica e em desenvolvimento e aprimoramento constante. Os acionamentos elétricos e sistemas de controle de monitoramento e carga de bateria estão cada vez mais eficazes, oferecendo mais potência e alcances cada vez maiores.

**No centro de interesse do desenvolvimento das novas gerações de barcos elétricos, estão também as viagens mais silenciosas e livres de emissões. O foco na sustentabilidade inclui viagens que não perturbem a vida selvagem ou o habitat aquático sensível.**

Mais recentemente, a energia solar, por meio de painéis fotovoltaicos mais eficientes, passou a complementar a tecnologia de motores elétricos, introduzindo as fontes renováveis de energia nesse universo da mobilidade elétrica (terrestre e aquaviária).

Já existem mais de cem estaleiros no mundo produzindo barcos ou navios elétricos de acordo com um estudo da IDTechEx. O mesmo estudo aponta que o setor é fragmentado, mas altamente lucrativo. Até 2027, os barcos elétricos devem movimentar mais de 20 bilhões de dólares.

No Brasil há um mercado para barcos de turismo em muitas áreas da costa brasileira, mas o mercado potencialmente maior é o de barcos de trabalho, particulares e comerciais, para transporte de bens e pessoas, na Bacia Amazônica, em outras bacias fluviais, em baías e áreas urbanas cercadas por baías, lagos e rios.

Existe espaço para a criação de um mercado potencial do *retrofit* com aplicação de kits fotovoltaicos solares a uma grande variedade de barcos diferentes, como também para novos desenhos, tecnologicamente mais avançados e projetados para aproveitar ao máximo a propulsão elétrica.

Dependendo do tipo de barco, do contexto, do uso e do tamanho do banco de acumuladores, as fontes de energia

serão caracterizadas por um mix de painéis fotovoltaicos, recarga da rede e pequenos geradores de bordo.

Considerando que as exigências e as limitações do mercado brasileiro são muito específicas, os barcos precisam ser desenhados e construídos no Brasil, quanto mais perto possível do lugar de utilização final. Os componentes específicos elétricos solares devem ser importados, e representam mais ou menos 30% do valor de um barco novo; somente as baterias e alguns fabricantes de motores elétricos são produzidos no país. Culturalmente falando, no século 21 é imperativo que boa parte do produto seja nacional e que, no caso da parte importada, exista transferência de tecnologia.

### 3.1. Mobilidade

A mobilidade é definida como a capacidade dos seres humanos em se movimentar e de movimentar coisas. Esse movimento constitui um desafio antigo para a humanidade ir a lugares, fazer negócios, viajar a lazer, transportar alimentos e outros bens.

Desse conceito da mobilidade derivam duas atividades humanas antigas e fundamentais na sociedade moderna: a viagem (passageiros) e o transporte de cargas (negócios). Para um projeto de mobilidade sustentável, deve-se prever como e onde essas duas atividades devem acontecer. Com qual frequência e periodicidade, e quão longe se quer chegar. Também qual modal será utilizado nesse percurso.

Por milhares de anos, a humanidade dependeu apenas da sua própria força, do cavalo e dos navios a vela para realizar esse deslocamento, inicialmente local e depois intercontinental. A partir da Revolução Industrial do século 19, foram geradas muitas mudanças tecnológicas, e a mobilidade passou a ficar mais rápida e mais frequente. Primeiro com os navios e trens a vapor, depois com o motor de combustão interna, que revolucionou a maneira como nos transportamos até hoje. Atualmente, a nova tendência é a eletrificação da mobilidade, de modo que o aumento do uso de barcos elétricos é incontestável.



### 3.2. Barcos elétricos

Os barcos movidos a eletricidade são usados há mais de 120 anos, e foram muito populares desde a década de 1880 até a década de 1920, quando o motor de combustão interna passou a dominar o mercado. Os motores elétricos para aplicações marítimas foram inventados por William Woodnut Griscom, da Filadélfia, em 1879, e em 1880 ele fundou a Electric Dynamic Company. Em 1903, um navio-tanque russo foi construído com propulsão diesel-elétrica: três geradores a diesel forneciam eletricidade para três motores elétricos que, por sua vez, acionaram as três hélices do navio. No entanto, essa solução foi desenvolvida apenas devido à capacidade de manobra limitada dos primeiros motores a diesel.



**FIGURA 6**  
Primeiros barcos elétricos projetados por William Sargeant, 1897

Fonte: Ilustrações do livro "Eletricidade a serviço do homem", edição de 1897.

Mesmo em barcos de recreio, os acionamentos elétricos são conhecidos há algum tempo. Hans Frauscher, fundador do estaleiro e avô do atual diretor da Frauscher Boats, apresentou as primeiras lanchas elétricas em 1955. Portanto, não estamos lidando com uma tecnologia nova, mas sim com uma redescoberta em um ambiente em mudança, com aumento de eficiência e novas formas de carregamento e acionamento de motores elétricos, dentre outras inovações.

### 3.2.1. Embarcações elétricas no contexto global

O pesquisador Holandês Tim Gorter levantou informações sobre as embarcações solares existentes que forneceram uma base de dados para esse trabalho de pesquisa. Na época foram identificadas cerca de 160 embarcações solares, divididas nos seguintes grupos:

**1. TRANSPORTE DE PASSAGEIROS**

**2. PESQUISA OU USO PRIVADO**

**3. RECREAÇÃO**

**4. COMPETIÇÃO**

O primeiro barco movido a energia solar para uso em pesquisas com finalidade militar surgiu em 1965. A primeira embarcação de transporte de passageiros encontrada por Tim Gorter data de 1992 e se chama Solar Gajner. Percebe-se que o Solar Gajner já utiliza os populares motores de popa elétricos desenvolvidos para a pesca desde 1975. Porém seus tamanhos são muito limitados. Era uma embarcação para travessias de curta distância.

Os primeiros barcos solares de passageiros com 8 a 11 metros de comprimento, com autonomia de até 8 horas, velocidade de cruzeiro<sup>2</sup> de 9 nós e capacidade de se conectar na rede local (fornecendo ou coletando energia), foram construídos em 1995 pela MW-Line em Yverdon, Suíça. Esse modelo de conectar com a rede, consumir e fornecer energia está na essência dos modelos de negócios da geração distribuída da atualidade.

Solifleur e Chlorophylle levam 12 pessoas cada e foram operados para excursões pela natureza no Lago de Neuchâtel. Posteriormente, em 1997, foi construída uma versão maior, o Aquabus 1050, chamado de Aquarel. Com capacidade para 24 passageiros, teto rígido coberto por painéis fotovoltaicos flexíveis e cabine para o piloto, o Aquarel foi utilizado como transporte de passageiros no lago de Genebra, Suíça.

A seguir é apresentada uma série de modelos de barcos que foram importantes na evolução da mobilidade elétrica aquaviária e que formam a base para o desenvolvimento da indústria internacional.

2. Um nó = 1,852 km/h

TABELA 1

Aquarel II no Lago de Genebra

Comprimento	10,50 m
Largura	2,44 m
Franc bord	0,80 m
Propulsão motor elétrico	8 kW
Velocidade de cruzeiro	12 km/h
Autonomia	8 h
Passageiros	26
País de fabricação	Suíça



Foto: Lausanne Tourist Info

TABELA 2

Catamarã elétrico solar Sonneschein

Comprimento	15 m
Boca	3,9 m
Peso	10 toneladas
Motores	2 @ 6 kW
Gerador solar	5 kW



Foto: SUEK



TABELA 3

Catamarã elétrico solar Tûranor PlanetSolar

Área total de painel solar	536.65 m <sup>2</sup>
Número de módulos	825
Número total de células fotovoltaicas	38.000
Autonomia	3 dias sem sol
Velocidade de cruzeiro	5 nós
Velocidade máxima	9 nós

Casco catamarã com o conceito “wave piercing” (furar ondas). Esse tipo de casco faz com que a proa mergulhe nas ondas produzidas pelo vento nas regiões costeiras, tal qual as proas invertidas



Foto: Planet Solar

Esses barcos elétricos solares, pioneiros, silenciosos e não poluentes continuam a navegar até hoje em diversas regiões da Europa, comprovando a viabilidade de uso da energia elétrica solar para o setor náutico.

O tradicional estaleiro SUEK GmbH (perto de Viena) lançou seu catamarã solar Sonnenschein para até 58 passageiros em 1998, a primeira embarcação solar de passageiros desse tamanho na época. Foi usado para excursões no Danúbio.

O MS Tûranor Planet Solar, conhecido sob o nome de projeto Planet Solar, idealizado pelo explorador suíço Raphaël Domjan, é o maior barco movido a energia solar do mundo. Foi lançado em 31 de março de 2010. Em maio de 2012, tornou-se o primeiro veículo elétrico solar a circunavegar o globo em 584 dias, entre 2010 e 2012. O barco foi renomeado Race for Water, em 2015, seguindo o nome da fundação que agora faz a sua operação. O barco é dedicado a missões de conservação da água e para evitar a poluição plástica dos oceanos. Mais informações disponíveis em: [https://en.wikipedia.org/wiki/T%C3%BBranor\\_PlanetSolar](https://en.wikipedia.org/wiki/T%C3%BBranor_PlanetSolar)



O barco apresentado a seguir é um modelo desenvolvido especificamente para a Amazônia (Equador) e é um modelo que se aproxima muito dos barcos que poderão ser desenvolvidos no Brasil para atender comunidades isoladas.

A canoa alongada e estreita é um dos modelos aerodinâmicos que mais se adaptam à realidade dos rios amazônicos, sendo comum no transporte de população tradicional, ribeirinhos e indígenas.

Não é à toa que esse é o modelo adotado por comunidades indígenas que habitam a região há séculos, onde as canoas eram produzidas a partir de troncos de árvores que tinham sua parte central esculpida e eliminada, formando as canoas que são tradicionais.



**FIGURA 7**  
Kara Solar / Canoa  
elétrica solar

Foto: Fundación  
Kara Solar

Kara Solar é uma iniciativa de transporte fluvial, energia e empreendimento comunitário movido a energia solar na Amazônia equatoriana. Desde 2012, uma equipe de engenheiros, designers e empreendedores, juntamente com membros e líderes da comunidade Achuar, trabalham juntos nesse sonho compartilhado.

Com um teto munido de 32 painéis solares sobre uma canoa tradicional de 16 metros de comprimento e 2 de largura, Tapiatpia encarna a fusão da tecnologia moderna com o conhecimento ancestral.

Feita com fibra de vidro em vez de madeira para estender sua vida útil, a canoa tomou emprestado o desenho de embarcação típica dos indígenas Cofanes do norte do Equador. A canoa solar é uma solução ideal para a região onde foi implantada porque nessa região não há rede de rios navegáveis, interconectados e há uma grande necessidade de transporte alternativo e sustentável.

### 3.2.2. Experiências no Brasil

De início surgiram os projetos pioneiros das universidades e centros de pesquisa e desenvolvimento (P&D), mas o setor privado tem contribuído largamente com os avanços nesse setor com projetos mais arrojados e de design diferenciado. Ainda assim, são projetos modestos se comparados com o potencial de transporte naval pouco explorado no Brasil.

Nos exemplos a seguir, destacam-se alguns projetos de barcos elétricos solares que ilustram esse processo. Alguns frutos de projetos de P&D e outros de empreendedorismo privado, sem qualquer apoio público.

#### **A. Barco competindo no Desafio Solar Brasil**

O Desafio Solar Brasil (DSB) é um rali de barcos movidos a energia solar com sua primeira realização no país em 2002. O projeto visa estimular o desenvolvimento de tecnologias para fontes limpas de energias alternativas, bem como divulgar o potencial dessas tecnologias aplicadas em embarcações de serviço, recreio e transporte de passageiros.

**FIGURA 8**  
Foto de barco solar de competição

Fonte: <https://desafiosolar.com.br/category/dsb-2018/>.



O projeto caracteriza-se também como o início de uma articulação internacional, pois inspira-se na Frisian Solar Challenge, competição realizada a cada dois anos na Holanda, onde teve origem. Constitui-se no principal evento europeu para embarcações solares, durante o qual os participantes percorrem 220 quilômetros de canais das 11 cidades da região de Frísia, no norte do país.

Esses eventos servem para demonstrar os avanços tecnológicos, que eventualmente serão incorporados em novos projetos e novas embarcações. Em geral, esses eventos são disputados entre projetistas, academia e desenvolvedores de tecnologias.

### **B. Voadeira movida a energia solar**

A foto apresenta voadeira, canoa de alumínio com motor de popa, usada como meio de transporte fluvial pelos ribeirinhos da Amazônia brasileira, que em 2012 ganhou uma versão movida a energia solar em vez de combustível fóssil.

Com o uso contínuo, o barco trará mais economia de custos operacionais, diz o engenheiro florestal Carlos Gabriel Koury, responsável pela eletrificação da voadeira. A ideia, segundo Koury, nasceu de sua experiência de nove anos de pesquisas na região, adaptando motores elétricos usados em barcos de pesca esportiva com a geração de energia fotovoltaica.



**FIGURA 9**

Foto da voadeira movida a energia solar

Fonte: Matéria da Folha de São Paulo veiculada em 12/05/2012 - Mercado - Folha de São Paulo.



3. HP consiste numa unidade anglo-saxônica da grandeza física potência, que seria equivalente a 745,69 Watts.

Foram adaptados seis módulos fotovoltaicos que cobrem o barco, captam a energia solar e a convertem em energia elétrica. Essa energia é armazenada em baterias e direcionada a três motores elétricos. O sistema de captação, conversão e armazenamento da energia garantiu à voadeira solar uma autonomia de até 12 horas. A voadeira pode levar seis pessoas. Na época, o custo de conversão da voadeira convencional para o modo elétrico foi de cerca de R\$ 20 mil, quase o dobro do valor de um motor convencional de 6 HP<sup>3</sup>.

**C. Barco solar / projeto Aurora Amazônica**

O barco Aurora Amazônica, movido a energia solar, teve seu lançamento oficial realizado em outubro de 2015, no auditório da Reitoria da Universidade Federal do Pará (UFPA). Foi desenvolvido ao longo de três anos pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energias Renováveis e Eficiência Energética da Amazônia (INCT-EREEA),

**FIGURA 10**

Foto do barco solar / projeto Aurora Amazônica

Fonte: UFPA, 2015. Disponível em: O SOL MOVE O BARCO.



Esse projeto foi concebido e desenvolvido pelo Grupo Fotovoltaica-UFSC e financiado pelo Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Ele conta com o apoio institucional e técnico da Eletrobras, do Instituto Ideal, das empresas WEG e Holos, do INCT-EREEA e do GEDAE-UFPA.

#### D. Barco Biguá

Em Bonito (MS), no Rio Mimoso, uma embarcação adaptada com painéis solares e motor elétrico está sendo utilizada para transporte de passageiros, entretenimento e ecoturismo. A embarcação de alumínio, fabricado pela Levefort, modelo Safari 7.0 M, tem capacidade para transportar 15 pessoas e conta com dois módulos solares adaptados para tocar o motor elétrico. A embarcação tem 6,7 metros de comprimento.



**FIGURA 11**  
Foto do barco Biguá

Fonte: <https://extremesolar.com.br/barco-sustentavel-movido-a-energia-solar-e-atracao-nas-aguas-do-rio-mimoso-em-bonito-ms/>.



#### E. Projeto Carapevas

Em parceria com a Cooperbarco, cooperativa dos barqueiros que fazem a travessia na Lagoa da Conceição, em Florianópolis (SC), a Lamarca Engenharia desenvolveu o projeto Carapevas.

**FIGURA 12**  
Design do projeto  
Carapevas

Fonte: <https://www.sengerj.org.br/posts/cooperbarco-e-lamarca-engenharia-lancam-projeto-de-barco-eletrico-em-florianopolis>



O Carapevas é um catamarã elétrico solar com 14 metros de comprimento, movido por dois motores elétricos de 15 KW, com 56 m<sup>2</sup> de painéis solares instalados no teto do barco e autonomia de 3 horas em velocidade de cruzeiro de 7 nós. O painel solar permitirá carregar parte do banco de baterias durante o trajeto. Quando parado no porto, o Carapevas se conecta à rede de energia local e fará uma carga rápida complementar do banco de baterias.

Com capacidade para 50 passageiros, o Carapeva prevê um casco com linhas hidrodinâmicas de alta eficiência, otimizado com o uso de Computational Fluid Dynamics (CFD), uma simulação numérica de todos os processos físico-químicos de escoamento. Seu casco é feito de polietileno de alta densidade, material reciclável, que dispensa tinta e é fabricado por fornecedor local.

Segundo Sergio Lamarca, engenheiro responsável pelo desenvolvimento do Carapevas, “apenas com a economia de não utilizar combustível fóssil [no caso o óleo diesel], e a redução de custo de manutenção [característica de motores elétricos], em cinco anos o custo de investimento se paga”.

### F. Vaporeto Carioca

Projetado pelo Marco Zanini e Fernando Cunha Lima, o barco possui 25 metros de comprimento e capacidade para cem passageiros. O Vaporeto Carioca foi concebido para ser o primeiro sistema público em grande escala de navegação sustentável do mundo.

O Vaporeto pode ser implantado em cidades com potencial hidroviário, tais como Rio de Janeiro, nas lagoas da Barra/Recreio, integrado com a rede de transporte terrestre e outras cidades com potenciais hidroviários: Manaus/AM, Belém/PA, Santos/SP, Vitória/ES, Porto Alegre/RS, na Lagoa dos Patos etc.



**FIGURA 13**  
Vaporeto Carioca

Fonte: Fernando Cunha Lima, 2022.

### G. Solar Boat Oxy\_pick-up\_9.0

Esse barco é uma iniciativa da Solar Boat Brasil, empresa criada pelo engenheiro mecânico suíço Thomas Schulthess, que projetou o barco com casco de polietileno de alta densidade, alta resistência a impactos e de grande durabilidade.

A empresa já desenvolveu dois projetos conceituais no Brasil e esse barco será o terceiro. O Oxy\_pick-up\_9.0 tem capacidade para até 24 passageiros e 2 toneladas de carga útil, mercadorias ou equipamentos, servindo para transporte de pessoas e carga e atividades profissionais de pesca, turismo, etc, com baixa manutenção e sem poluição.

O arranjo de baterias de 38,4 kWh (48 Volts corrente contínua – cc) permite deslocamento, e a motorização elétrica de baixa manutenção feita por dois propulsores elétricos de 11 kW possibilita deslocamento com velocidade de até 50 km/dia (em modo cruzeiro de 20 km/h) e de até 100 km/dia (em modo trabalho).



O barco possui um gerador solar de 7,7 KWp, colocado na sua cobertura, conforme visto a seguir, e pode operar como uma central de energia flutuante (escola, canteiro remoto, acampamento, diversos usos produtivos etc.)

**FIGURA 14**  
Design do Oxy\_  
pick-up\_9.0

Fonte: Solar Boat  
Brasil, 2023.



### 3.3. As hidrovias na Amazônia brasileira

Segundo Santana (2004), o Brasil tem aproximadamente 40 mil km de extensão de rios favoráveis à navegação, e se dividem em oito grandes bacias: do Amazonas, do Tocantins-Araguaia, do Nordeste, do São Francisco, do Leste, do Paraná-Tietê, do Paraguai e do Sul.

A extensão de rios de 40 mil quilômetros equivale a uma volta completa na Terra pela linha do equador, ou seja, o Brasil tem hidrovias que poderiam dar uma volta no mundo, o que é um grande potencial para embarcações elétricas, solares e híbridas, com diversas finalidades, desde o lazer ao transporte de passageiros e/ou cargas. Especificamente sobre as hidrovias da Bacia do Amazonas, a região concentra cerca de 63% da rede de rios navegáveis do país, com maior destaque para os rios Solimões/Amazonas, Juruá, Negro, Purus e Branco.

O Solimões/Amazonas, o principal deles, consegue receber tanto pequenas embarcações como grandes navios. O Rio Amazonas é o mais extenso e com o maior volume de água do mundo. São 6.992 km de comprimento. Sua bacia hidrográfica possui em média 1.100 afluentes e atinge mais de 7 milhões de km<sup>2</sup>, alcançando diversos países da América do Sul.

A maior parte dos rios está na Bacia Amazônica, que é a maior do Brasil, abrangendo ainda outros países vizinhos, com extensão de 6,5 milhões de km<sup>2</sup>. Para efeito de controle das vias navegáveis, essa bacia foi dividida em bacia Amazônica Oriental e bacia Amazônica Ocidental, cujos respectivos responsáveis são a Administração das Hidrovias da Amazônia Oriental – AHIMOR e a Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental – AHIMOC.

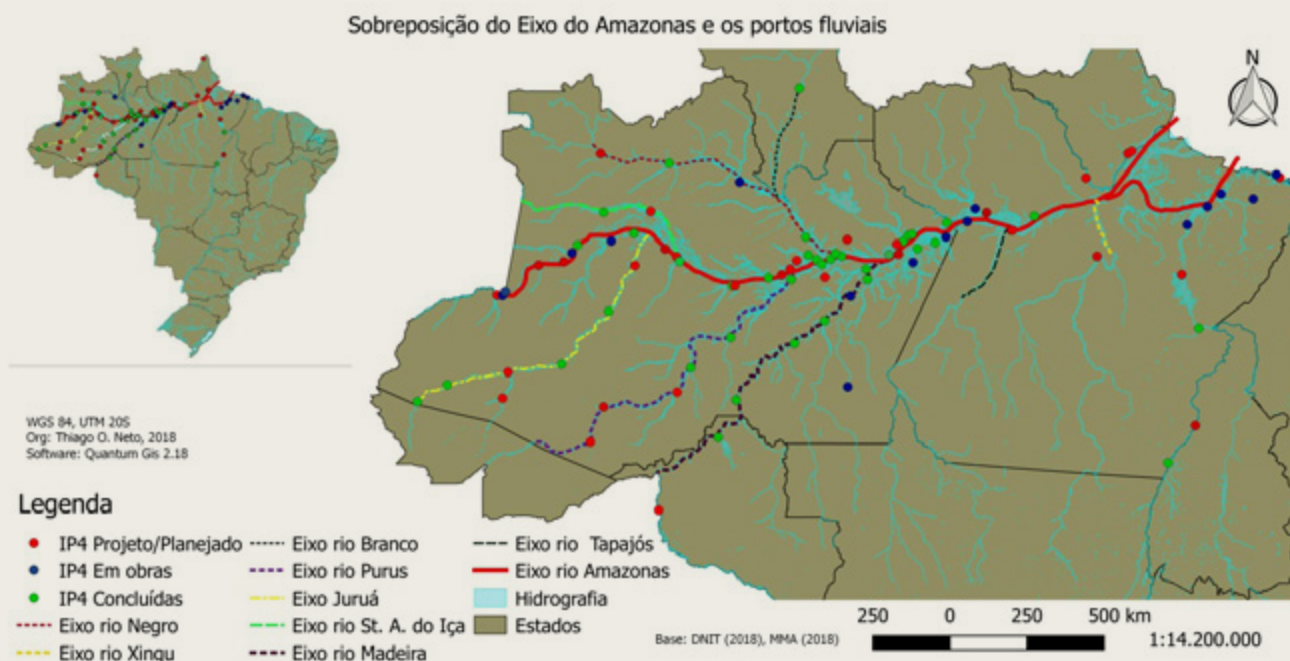
Os tipos de embarcações que passam pelo rio são diversos e, de maneira geral, incluem embarcações de apoio *offshore*, navios, balsas e barcos fluviais que movimentam pequenas quantidades de carga. Os processos de movimentação desses meios de transporte dependem da autorização da Polícia Federal, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e da Receita Federal.

**FIGURA 15**  
Principais portos fluviais e eixos hidroviários da região Norte

Fonte: <https://journals.openedition.org/confins/25365?lang=pt>



Pelos rios da Amazônia passam diversos tipos de carga, sendo as principais os grãos, combustível, cavacos de madeira (*woodchips*), celulose, soda cáustica, caolin, fertilizantes, bauxita, petroquímicos, aço, trigo e clínquer, além de imensa diversidade de produtos de consumo carregados em contêineres que chegam e partem do porto de Manaus, Zona Franca industrial.



Considerado um dos meios de deslocamento mais corretos em relação ao meio ambiente, o transporte fluvial atende aos mais diversos aspectos econômicos dos estados amazônicos. A atividade concentra a maior parte da condução de cargas e passageiros da região, que se desloca conforme a malha fluvial apresentada na Figura 15.



**FIGURA 16**  
Barco no Rio Juruá,  
em Carauari, a 788  
km de Manaus/AM

Fonte: AFP (março  
de 2020)

A Figura 15 apresenta barco navegando no Rio Juruá, em Carauari, a 788 km de Manaus/AM. Essa é uma típica embarcação nas regiões mais isoladas, onde as rotas são fechadas e estreitas, e somente pequenos barcos têm acesso.

De acordo com o Sindicato das Empresas de Navegação Fluvial no Estado do Amazonas (Sindarma), aproximadamente 2,5 milhões de pessoas utilizam embarcações como meio de transporte, e 1,5 milhão de toneladas de cargas gerais chegam a ser deslocadas no estado por ano.

No Amazonas, 263.200 passageiros realizaram viagens intermunicipais em embarcações, no período de 1º de janeiro

a 31 de agosto de 2021, com destino ou partida de Manaus, de acordo com a Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados e Contratados do Estado (Arsepam, 2021).

Observa-se nessa região a presença majoritária do transporte fluvial ou rodoviário em frações territoriais distintas, com cidades e vilas fortemente vinculadas aos fluxos rodoviários, fluviais ou rodo-fluviais. Este último estando mais presente no caso particular da Amazônia Ocidental, onde, apesar de aparentar ausência de uma organização jurídica do funcionamento do transporte fluvial, a atividade é extremamente organizada, com horários e rotas estabelecidas, e estruturada, internamente, pelas empresas e pelos comandantes das embarcações.

Os rios na Amazônia têm uma relevância fundamental para o deslocamento de pessoas e cargas em decorrência da própria ausência de outros meios que possibilitem esse deslocamento, mas o transporte não é exclusivamente fluvial, como apresenta Ferreira (2016). O serviço de transporte hidroviário atende aos mais diversos aspectos econômicos e compreende o deslocamento de passageiros e cargas em embarcações do tipo balsa/empurrador, lanchas rápidas, expressas ou a jato e *ferryboats*.

A natureza da navegação interior contempla as categorias de transporte transversal e longitudinal. O transporte transversal é caracterizado pelo deslocamento de uma margem a outra de rios ou lagos, e o longitudinal realiza o percurso de maior distância, entre municípios e até mesmo estados.



**FIGURA 17**  
Embarcação típica da Amazônia

Fonte: Macamazo, 2019 (Copyright © 2019)



Na atividade hidroviária, gradativamente, as embarcações de madeira são substituídas por *ferryboats*, embarcações construídas com aço naval, que são modernas, mais velozes e apresentam um significativo acréscimo de capacidade de cargas acima de 1.200 toneladas e maior oferta de vagas aos passageiros, podendo transportar de 500 a 800 pessoas.

**FIGURA 18**  
Embarcações  
construídas com  
aço naval

Fonte: Macamazo,  
2019 (Copyright  
© 2019)



As lanchas expressas ou a jato, utilizadas no transporte exclusivo de passageiros, reforçam a matriz do transporte longitudinal. O exemplo a seguir opera no estado do Amazonas e é um dos meios de transporte fluvial mais rápidos da região. A lancha expressa faz o trajeto Manaus-Tefé, 523 km em 14 horas, cerca de um terço do tempo de outros barcos na mesma rota. Para esse segmento de barcos rápidos, devido ao elevado consumo de combustível, o uso de sistemas híbridos elétrico-diesel ou elétrico-hidrogênio, associados a um aperfeiçoamento do design hidrodinâmico, faz bastante sentido.

**FIGURA 19**  
Lanchas expressas  
ou a jato

Fonte: Macamazo,  
2019 (Copyright  
© 2019)



Devido ao maior custo operacional, este serviço está direcionado para um segmento de mercado específico: passageiros de maior poder aquisitivo ou para passageiros e cargas especiais, ambulâncias, emergências, serviços de entrega rápida (Sedex, DHL, etc).

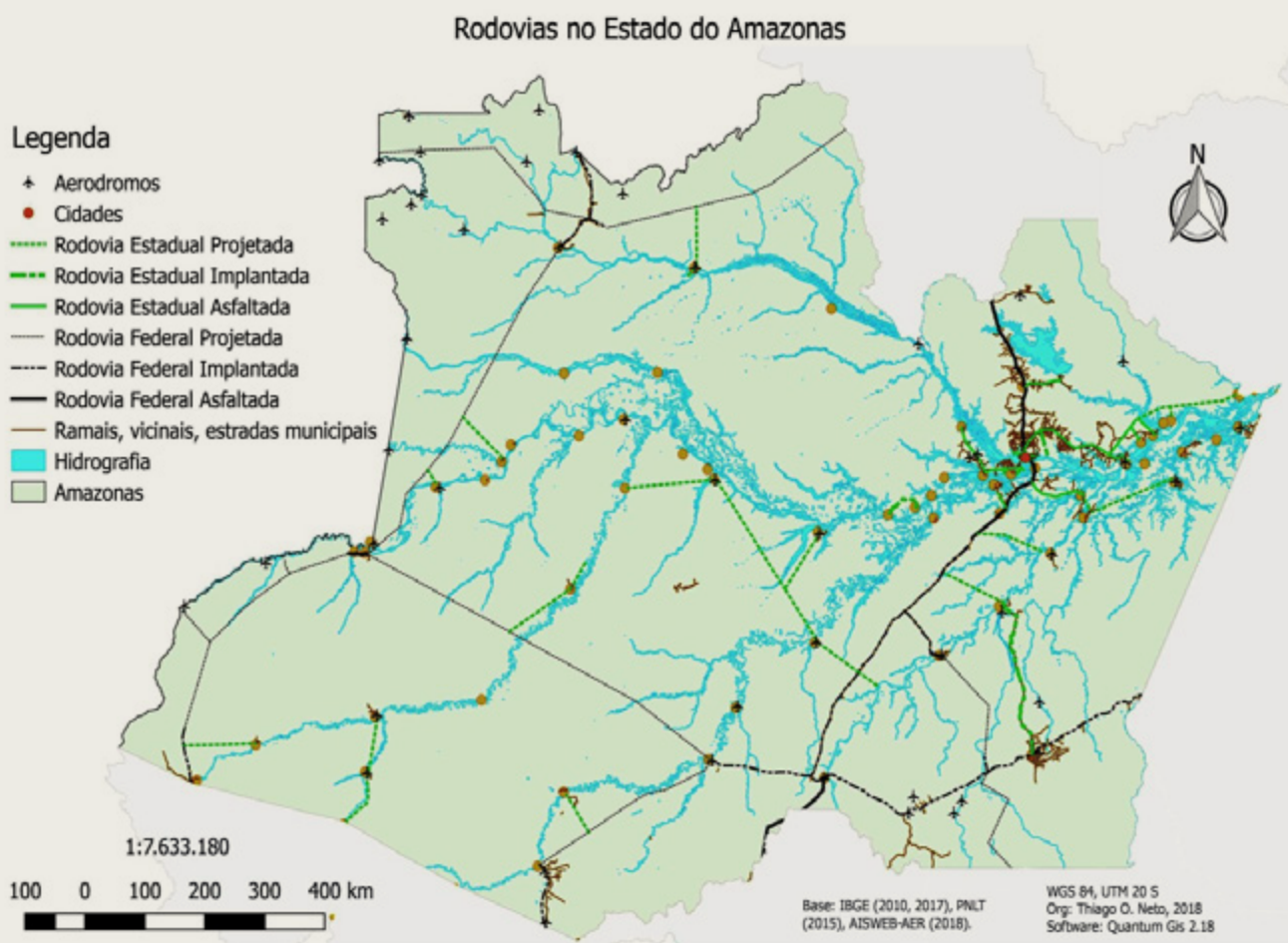
### 3.4. Transporte fluvial no estado do Amazonas

**FIGURA 20**  
Rodovias no estado do Amazonas

Fonte: Os transportes e as dinâmicas territoriais no Amazonas. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/25365?lang=pt>



Opostamente, a malha rodoviária no estado do Amazonas é reduzida, com um total de aproximadamente 10 mil km de rodovias federais e estaduais, gerando uma dificuldade de transporte e integração pelas rodovias. A Figura 19 apresenta a malha rodoviária no Amazonas, onde é visível que a trafegabilidade continua distante para diversas localidades no interior do estado.



A evolução logística que ocorreu no transporte fluvial permitiu a coexistência de modalidades distintas de transporte. Em Manaus, o Terminal Ceasa absorve o transporte rodo-fluvial, realizado por balsas e *ferryboats*, para complementar o transporte rodoviário da BR-319, que atualmente é descontínuo pela intersecção do Rio Negro e do Rio Solimões. Esse terminal atende, também, aos passageiros, por meio de lanchas rápidas e expressas, caracterizando o transporte transversal para a outra margem do rio, também em continuidade ao percurso da BR-319, localizada no município de Careiro da Várzea.

Esse é um tipo de rota com grande potencial para ser eletrificada, considerando que a distância é curta e há disponibilidade de energia em ambas as margens (terminais), permitindo a recarga das baterias enquanto a embarcação estiver no porto aguardando passageiros e respeitando horários de partida.

Neste contexto de inovação e mudanças de paradigmas, um sistema de transporte hidroviário sustentável e economicamente viável, baseado em energias renováveis, configura-se como uma nova opção de mobilidade, podendo vir a ser uma alternativa viável para diversas demandas no complexo sistema hidroviário da região amazônica.

**FIGURA 21**  
Terminal para transporte de veículos partindo de Manaus

Fonte: D24am.  
Foto: Raimundo Valentim/Arquivo





**O rio é e permanecerá como a única via de circulação para o ir e vir das populações interioranas do estado do Amazonas. Os barcos são considerados como formas de aproximação das populações nos seus mais distantes lugares, exercendo, portanto, um papel social de integração entre populações, cidades e comunidades ribeirinhas (CARVALHO, 2013).**

Nessa perspectiva, os barcos regionais, que conduzem cargas e passageiros, são essenciais para realizar as articulações entre as comunidades e as cidades no interior do Amazonas. Mais de 924 mil pessoas utilizaram os transportes intermunicipais no Amazonas em 2021. Do total, 601.067 optaram por viajar por meio das embarcações, segundo balanço da Arsepam.

O fluxo de passageiros que utilizaram os serviços de transportes intermunicipais no Amazonas foi 46,21% maior em 2021, no comparativo ao ano de 2020. Do total de passageiros, 323.557 se locomoveram mediante transporte rodoviário, e 601.067 optaram pelo modal hidroviário.

As cidades mais procuradas pela população, tendo como ponto de partida Manaus, foram Careiro da Várzea (150.070 passageiros – 24,96%), Tefé (25.638 – 4,26%) e Parintins (22.489 – 3,74%), distantes respectivamente 25 km, 523 km e 369 km da capital. A menor procura, entre as cidades que apresentaram registro de viagens, foi Barreirinha (9.593 – 1,59%), a 331 quilômetros de Manaus.

Contudo, no caso da mobilidade elétrica, as distâncias devem ser compatíveis com a capacidade das baterias, e, certamente, da disponibilidade de carregamento ao longo do percurso.

As principais rotas longitudinais de passageiros com saída de Manaus são listadas na tabela abaixo. Essas rotas são compatíveis com motores elétricos, mas nem todo tipo de embarcação apresenta viabilidade imediata de adaptação ou hibridização para adequar motores elétricos.



TABELA 4

Rotas de barcos no Amazonas com potencial para mobilidade elétrica

Origem - Destino	Tempo de viagem em horas (h)	Distância em km (via rios)
<b>Rio Amazonas</b>		
Manaus - Itacoatiara	8 a 11	195
Manaus - Juruti	11 (barco rápido direto) 30 (barco normal com escalas)	449
<b>Rio Solimões</b>		
Manaus - Codajás	14 a 15	285
Manaus - Manacapuru	6	115
Manaus - Caapiranga	12	170
<b>Rio Negro</b>		
Manaus - Novo Airão	5 a 6	125
Manaus - Manaquiri	1 a 2	79
<b>Rio Madeira</b>		
Manaus - Borba	6 a 7	152
Manaus - Autazes	4 a 5	113

Fonte: Arsepam, 2022.

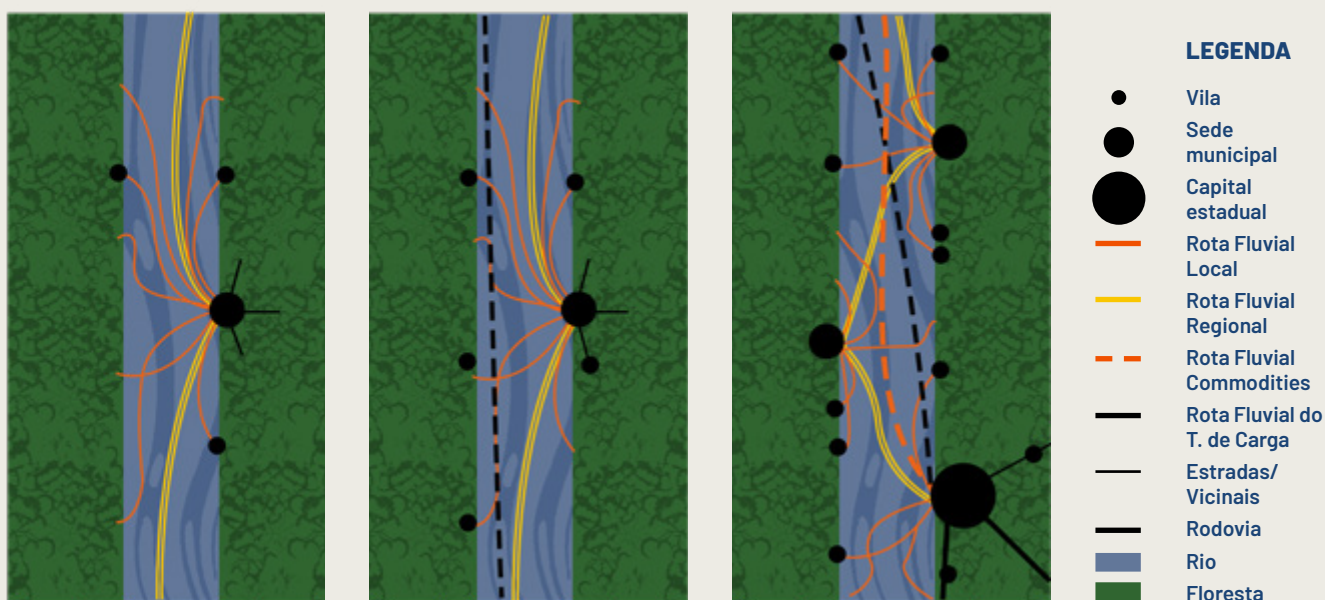
### 3.5. Transporte fluvial: rede capilar favorável para barcos elétricos

Um aspecto importante nos estudos das demandas específicas, são as ramificações de rotas secundárias a partir dos portos de chegada. As cidades do interior também são ponto de partida de embarcações de menor porte, que se direcionam com passageiros e carga para as comunidades ribeirinhas, que vão se formando à beira dos igarapés (afluentes dos rios principais). Muitas dessas comunidades em época de seca só podem ser atendidas por barcos de pequeno calado, tais como esquifes, voadeiras e canoas.

É principalmente nessas rotas secundárias que a mobilidade elétrica encontrará as melhores oportunidades e viabilidades, pois são distâncias melhores e com menor fluxo de pessoas e carga, consequentemente utilizam barcos menores e mais leves. Também são nessas rotas que residem as pessoas que vivem mais distantes

dos centros urbanos e possivelmente nem possuem energia em casa ou nas suas comunidades. Esses grupos de pessoas que vivem em comunidades remotas são os mais vulneráveis e muito carentes de transportes mais baratos e mais eficientes.

A Figura 21 foi extraída de estudo que apresenta os “transportes e as dinâmicas territoriais no Amazonas”, e resalta um modelo espacial da organização da hierarquia do transporte fluvial onde a) cidade com rota fluvial regional e local; b) cidade com rota fluvial local, regional e transporte de carga em balsas; c) vários tipos de rotas fluviais que envolvem diversas escalas, tendo ou não conexão com as cidades e vilas.



**FIGURA 22**  
Modelo espacial da organização do transporte fluvial

Fonte: Os transportes e as dinâmicas territoriais no Amazonas. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/25365?lang=pt>



No contexto da mobilidade elétrica, as rotas fluviais locais são de menor distância, caracterizadas pelas rotas das sedes municipais para as vilas (comunidades tradicionais, terras indígenas etc.) e boas candidatas para eletrificação, considerando que são feitas por pequenas embarcações, como voadeiras e canoas com motor de rabeta. Esses são tipos de embarcações bem viáveis para eletrificação com energia solar e armazenamento de energia em baterias. Em geral não comportam geradores híbridos pelo porte dos barcos.

No modelo estudado, as rotas de transportes de carga nem sempre são de curta distância, mas é sabido que o comércio intracomunitário

e intramunicipal é uma realidade e, também, que são rotas candidatas para eletrificação das embarcações. Nesse caso, os barcos mais adequados são de médio-grande porte, adotando modelos elétricos híbridos, inclusive com outras tecnologias, como o acoplamento com hidrogênio sob demanda (*on demand*), que é o caso da tecnologia Hydragen®, um dispositivo adaptado em motores a diesel para reduzir consumo de combustível em até 20%, além de expressiva redução de emissões de GEE da ordem de 60%.

No transporte de cargas, um modelo elétrico de transporte autônomo poderia ser introduzido para longas distâncias, sendo que o tempo não é uma variável importante e a carga poderia ser deslocada ao longo das rotas mais lentamente. Neste exemplo conceitual, as balsas poderiam ter sistemas motores elétricos conectados com satélites e/ou rotas preestabelecidas com pontos de referência nas margens. A exemplo de carros se deslocando de forma autônoma em rodovias, balsas poderiam fazer o mesmo seguindo pelas hidrovias.

A voadeira é uma embarcação movida a motor com estrutura e casco de madeira ou metal, geralmente alumínio, a maioria composta com motor de popa. É largamente utilizada no transporte fluvial e em pescarias, sendo um meio de transporte bastante comum na Amazônia, no Cerrado brasileiro e no Pantanal. Pela sua leveza e pequeno porte, é um tipo de embarcação candidata natural para ser acoplada com motores elétricos acionados com energia solar ou sistemas híbridos com baterias e geradores de *backup* a combustível.



**FIGURA 23**  
Transporte de professores da rede pública em voadeiras

Fonte: G1, 2022.

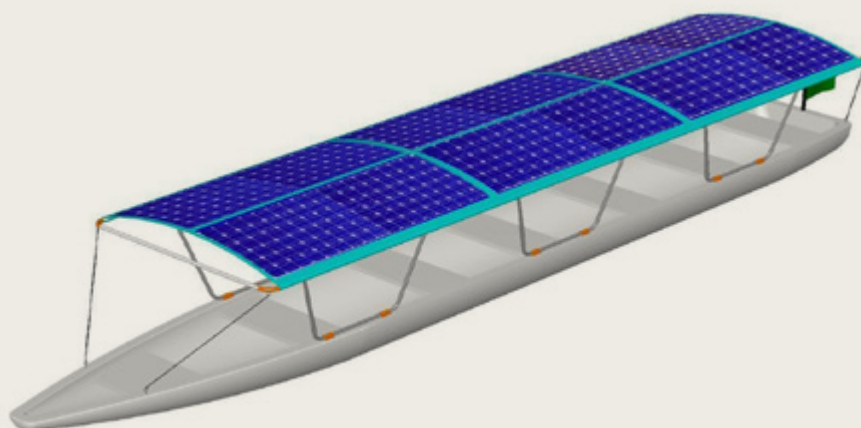
A voadeira também é utilizada como embarcação de auxílio em portos fluviais, ancoradouros ou até mesmo em grandes embarcações fluviais, sendo que é uma embarcação leve e que pode ser transportada com facilidade. Trata-se de uma embarcação bastante semelhante ao esquife (um pequeno barco auxiliar que levava os navegantes até a praia), sendo que, no entanto, a voadeira é adaptada apenas para águas interiores, tais como rios, lagos, lagoas, áreas alagadas e represas.

Em alguns casos, as voadeiras são adaptadas com coberturas de lona fixadas em estruturas de alumínio, que poderiam comportar módulos solares fotovoltaicos, inclusive flexíveis, fazendo o contorno curvo de algumas coberturas, como visto no design proposto por Fernando Cunha Lima e Marco Zanini.

Este é um projeto que lembra bastante o Kara Solar do Equador, muito adaptado às necessidades de viagens de curta duração entre comunidades e pequenos centros econômicos no interior da Amazônia.

**FIGURA 24**  
Voadeira adaptada com motor elétrico e painéis fotovoltaicos

Fonte: Designers Fernando Cunha Lima e Marco Zanini, 2018.



Voadeira com uso da energia solar diretamente acoplada nos barcos, como a figura anterior, ou com sistemas elétricos acionados por baterias, com carregamento nas comunidades, é uma das melhores aplicações para comunidades isoladas, remotas e distantes da rede de energia.

## 4.

# A mobilidade elétrica naval

Por tudo que foi dito, o Brasil tem a chance de se inserir como um dos protagonistas em um momento de transformação energética e tecnológica mundial, como parte da chamada Quarta Revolução Industrial. Além do protagonismo das tecnologias de geração de energia renovável e mais limpas, também se percebe a inserção das tecnologias digitais no cotidiano da sociedade.

Nesse contexto, além de abrir caminho para explorar novos processos industriais menos poluentes, a mobilidade elétrica possibilita a geração de novos modelos de negócios distribuídos, oferecimento de novos serviços e novas oportunidades de trabalho e ocupação, além de total inserção no movimento global de descarbonização.

**O processo de inovação tem o potencial de tornar sinérgica essa modernização dentro do setor de transportes, uma revolução que já chegou nos centros urbanos, mas ainda bastante carente na região Norte, onde os barcos elétricos encontram muitas demandas e aplicações.**

Portanto, a oportunidade da mobilidade elétrica na Amazônia pode ser vista como uma aliança entre os serviços de transporte e novas roupagens, alinhados com a conectividade proporcionada pelo desenvolvimento das tecnologias da informação (digitalização), mas também ao acesso com qualidade e a preços competitivos à energia (democratização) por meio da disseminação da geração distribuída (distribuição) com fontes limpas de energia (descarbonização) e desenho de negócios (design) para um mercado focado em mitigar as desigualdades de acesso à energia e transporte mais barato, com solução de mercado com maior equidade. Esses são os 5 Ds associados ao que vem sendo tratado como a transição energética atrelada à necessidade de redução de emissões.



Assim, a tração elétrica no contexto da mobilidade elétrica naval e transição energética apresenta diversas vantagens, e os barcos elétricos farão parte do futuro da navegação no Brasil porque:



São sustentáveis e não poluentes;



São um meio de transporte necessário num país com irradiação solar favorável o ano todo, que possui a maior bacia hidrográfica do mundo e mais de 8.000 km de costa;



São econômicos, já que o custo dos componentes diminuiu muito e aumentou a produção. O custo operacional é basicamente o valor do ciclo da troca das baterias; os motores e a eletrônica estão disponíveis no mercado com facilidade;



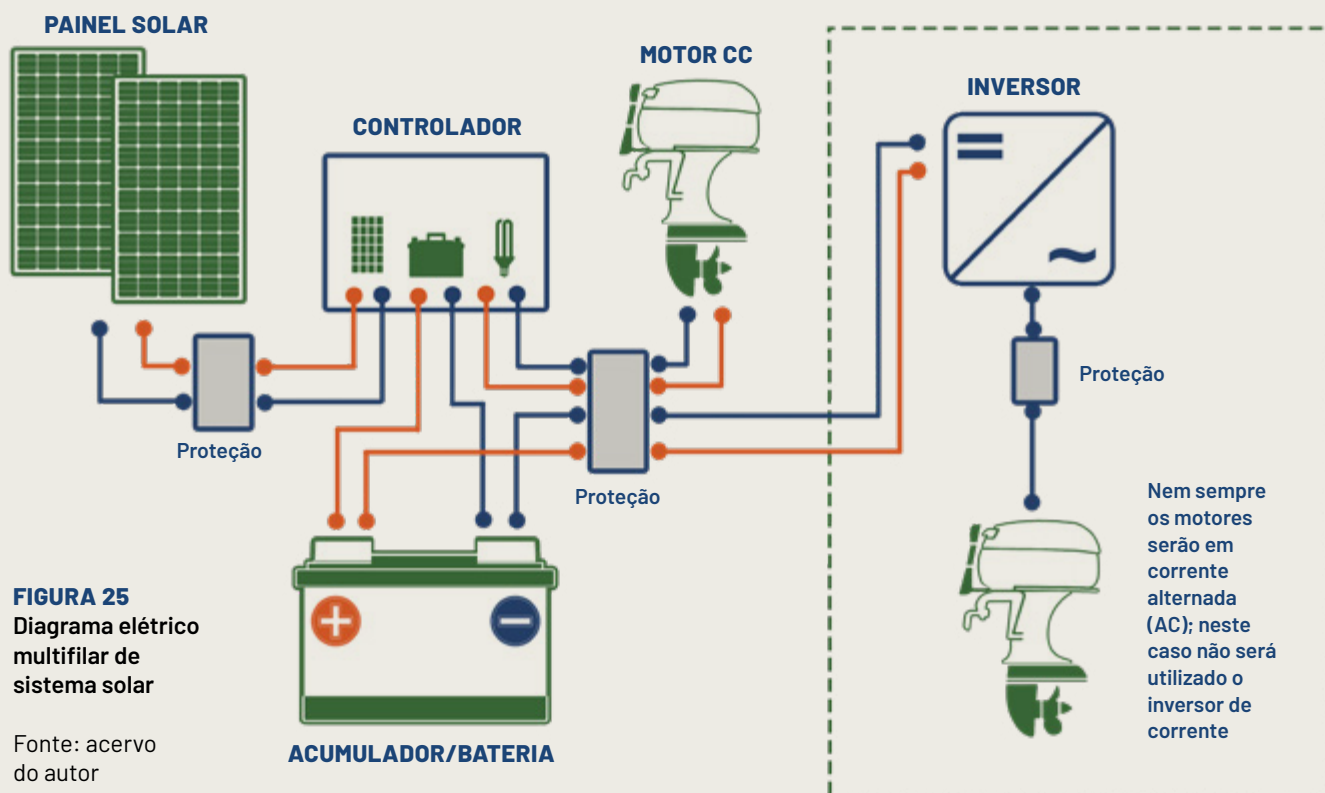
São eficientes, já que os painéis fotovoltaicos são cada dia mais eficientes e mais baratos, e ainda contam com uma versão flexível que pode se moldar às coberturas de pequenas embarcações. Motores elétricos são mais eficientes que motores a combustão.

#### 4.1. Barco elétrico solar

O barco elétrico solar puro pode ser definido como embarcação que capta energia do Sol por painéis fotovoltaicos, que convertem essa energia em eletricidade, podem armazenar em uma bateria e, a partir de um motor elétrico, transforma essa energia elétrica em energia mecânica para locomover a embarcação. Portanto, conhecer os motores elétricos, as baterias e os módulos é fundamental para estudar a viabilidade dessas embarcações.

Existem inúmeros tipos de motores, baterias e módulos fotovoltaicos, e não é a intenção descrever todos eles. Assim, é apresentada uma breve descrição e comparação dos tipos e modelos que vêm sendo mais utilizados. Seu funcionamento é simples.

O sistema solar de um barco elétrico funciona exatamente como um sistema solar com baterias para uso fora da rede (*off-grid*), com componentes que fazem o carregamento e controle da recarga das baterias. Em geral funciona da seguinte forma:



**FIGURA 25**  
Diagrama elétrico multifilar de sistema solar

Fonte: acervo do autor

1. A irradiação solar é convertida em energia elétrica nos painéis fotovoltaicos.

---

2. A eletricidade é armazenada em baterias (equivalente ao tanque de combustível).

---

3. Uma propulsão elétrica (equivalente a um motor de combustão) utiliza eletricidade para acionar a hélice que permite a movimentação do barco/navio; a propulsão pode ser em corrente-continua ou corrente alternada.

---

4. Em caso de uso intenso e/ou uso durante períodos sem sol, é possível recarregar as baterias no cais ou com geradores a bordo (neste caso, será um sistema híbrido, como veremos a seguir).

Nos barcos elétricos solares puros, o Sol é o principal fornecedor de energia, necessária tanto para o funcionamento do motor como para os consumidores de bordo (luzes, instrumentos de navegação, sistema de som etc.). Alguns barcos são 100% autossuficientes apenas com energia solar, e outros vão necessitar recarregar a bateria na rede de energia quando atracados em um porto.

Outra opção para uma maior autonomia é instalar um kit híbrido ligando um motor CC, o qual também fornece energia para a bateria durante o funcionamento, em paralelo com o sistema solar.

A propulsão totalmente elétrica é mais fácil de usar em rios. Com efeito, as condições nas águas interiores são mais favoráveis porque os barcos de recreio encontram facilmente terminais elétricos no seu caminho, enquanto no mar será necessário estar atento ao vento e à ondulação que podem descarregar rapidamente as baterias.

No entanto, na realidade da Amazônia e das comunidades remotas sem energia elétrica, nem sempre será possível recarregar baterias, a não ser com o próprio sistema solar embarcado ou em alguma comunidade com energia suficiente para fazer isso de forma economicamente viável.

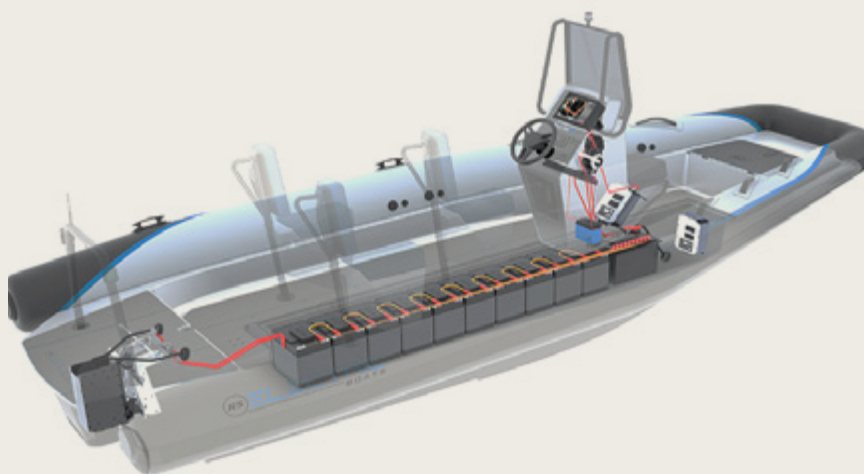
## 4.2. Barcos elétricos sem energia solar acoplada

Devido à dificuldade em posicionar os painéis fotovoltaicos nas embarcações de pequeno e médio porte, alguns fabricantes preferem desenvolver conceitos de barcos elétricos sem painel fotovoltaico, utilizando apenas sistemas de baterias mais aperfeiçoadas e integradas com sistemas de controle e monitoramento de consumo e velocidade, que possibilitam, em alguns casos, uma maior autonomia e o carregamento rápido das baterias. São barcos elétricos que devem ser recarregados quando parados em portos utilizando a rede elétrica local ou que possuem gerador interno a combustível fóssil ou célula combustível a hidrogênio.

Um exemplo de barco elétrico sem módulo solar é o barco modelo Pulser 63, que usa um banco de baterias de íons de lítio provenientes de um fornecedor automotivo. Elas foram seladas e “marinizadas” para IP54<sup>4</sup>. Também são armazenadas em uma caixa à prova d’água e ar especialmente projetada para evitar a contaminação por umidade.

4. O grau de proteção IP ou nível de proteção IP é um padrão internacional definido pela norma IEC 60529. O IP54 possui resistência em nível médio, pois possui proteção contra a poeira e projeções de água.

O banco de baterias modular é fabricado em íons de lítio (Hyperdrive GEN4 de 46kW e 52 Vcc), conectado em arranjo de 400 volts de corrente-contínua, para o acionamento elétrico, e pode ser recarregado em até 2.000 vezes (ciclos). Cada bateria é controlada individualmente, condicionada e gerenciada por uma CPU desenvolvida para esse propósito, podendo ser inclusive monitorada à distância em locais que possuem acesso à internet.



**FIGURA 26**  
Pulser 63. Fonte RS Electric Boats

Fonte: RSelectricboats.  
Disponível em:  
<https://www.rselectricboats.com/>



### 4.3. Barcos elétricos híbridos

Embarcações precisam de energia para a propulsão quando estão em operação no mar, ou em rios, ao atracar no porto e para operar os equipamentos a bordo em todos os momentos. No total, 98% dos barcos ou navios ainda são movidos a combustíveis fósseis. No entanto, devido às regulamentações globais mais rigorosas relativas às emissões de GEE, combustíveis alternativos e outras soluções de tecnologia devem ser encontrados.

As indústrias naval e *offshore* estão procurando maneiras de reduzir o consumo de óleo diesel e minimizar as emissões. Um movimento para a utilização de combustíveis mais limpos como o gás natural liquefeito (GNL) já está acontecendo. O futuro será a operação de barcos e navios de forma totalmente elétrica. Entretanto, proprietários de estaleiros e embarcações estão investindo cada vez mais em sistemas navais híbridos para aumentar a flexibilidade na concepção e na instalação, aperfeiçoar o desempenho operacional e minimizar o impacto ambiental.

Atualmente, todos os tipos de embarcações, de pequenos serviços de transporte a enormes embarcações transportadoras, podem utilizar a tecnologia de hibridização para obter um desempenho mais eficiente e limpo. Os benefícios do barco híbrido são:

Melhor desempenho da embarcação;	Redução nas emissões de GEE;	Custos operacionais mais baixos devido ao menor consumo de combustível;	Custos de manutenção mais baixos relacionados com motores diesel;	Níveis de ruído reduzidos;	Melhorar a eficiência de longo prazo do sistema de fornecimento de energia.
----------------------------------	------------------------------	---	---	----------------------------	---

Barcos elétricos híbridos são apresentados em diferentes configurações, aqueles que combinam dois tipos de motorização: elétrica e térmica (combustível fóssil). Existem critérios para caracterizar os barcos híbridos, como:

**1. BARCOS HÍBRIDOS DE BAIXA EMISSÃO**

**2. BARCOS HÍBRIDOS DE EMISSÃO ZERO**

Nos modelos de baixas emissões, o uso de energia térmica (combustível) não deve ultrapassar 50% da demanda. Durante o funcionamento, o consumo de energia térmica deve ser inferior a uma certa quantidade de combustível (em litros / milhas / hora). E, durante a fase de recarga, não deve ser utilizada nenhuma fonte de combustível fóssil.

As características das diferentes categorias estão resumidas a seguir, considerando desde aplicações de emissão zero até aquelas com emissões baixas (mínimas).



### 4.3.1. Propulsão elétrica híbrida (HEB)

Há distintas fontes de energia para alimentar o motor ou motores, e uma dessas energias é a eletricidade. Pelo menos duas soluções técnicas devem ser utilizadas para configurar o sistema de forma híbrida. No entanto, em cada caso, será necessário comparar a capacidade da bateria de bordo e a potência dos motores elétricos para verificar se o barco pode ser operado em um modo totalmente elétrico de forma significativa.

#### 4.3.1.1 Híbrido paralelo

É o caso quando o acionamento da hélice é realizado por um motor elétrico ou por um motor de combustão. Quando o motor elétrico, alimentado por baterias, aciona a hélice, o motor a combustível pode acionar um gerador que recarrega as baterias. Nesse modo de operação, a propulsão pode ser qualificada como “emissões zero” apenas quando a bateria for a principal fonte de energia e quando for recarregada principalmente no cais por eletricidade de fonte renovável.

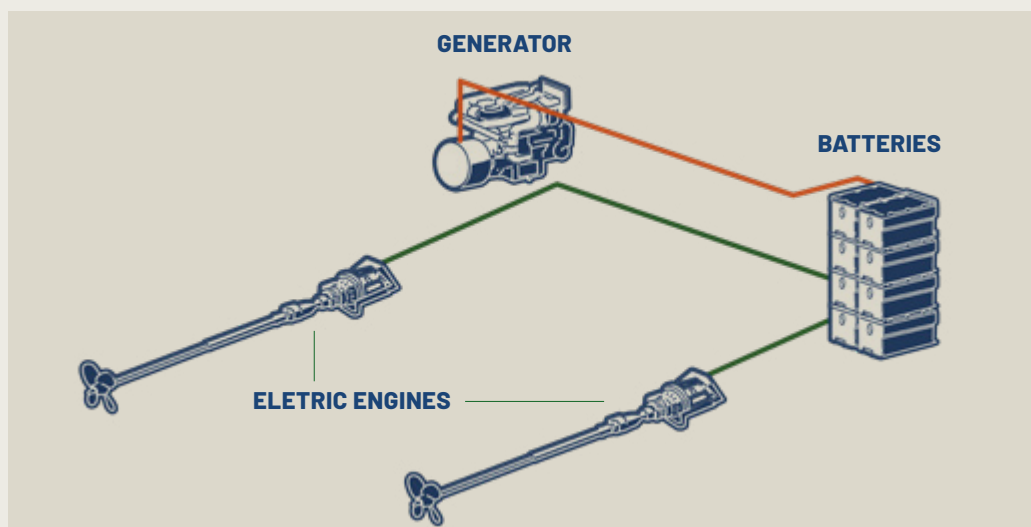
A recarga de baterias por meio do gerador seria uma forma extra de recarregar. Contudo, se a bateria for carregada pelo gerador a combustível fóssil, sem dúvida a emissão não será nula, mas uma operação térmica convencional com as emissões de GEE do gerador. Portanto, não há como qualificar como limpo.

A figura a seguir apresenta um catamarã de deslocamento totalmente inovador que possui dois motores elétricos de pico de 60 kW/100 kW. Esses motores funcionam em paralelo a partir de um gerador a diesel de 120 kW acoplado a um gerador de ímã permanente e armazenamento de bateria de íons de lítio, com capacidade de recarga em 1 hora. A forma do casco da embarcação foi projetada especificamente para criar o mínimo de arrasto sob a linha d'água com alcances projetados superiores a 1.300 milhas náuticas.

TABELA 5

Herley Boats Electric Powercat 3400 – Swan Super Line

<b>Designer</b>	Gerald Roger Hill Yacht Design e Herley Boats
<b>Comprimento</b>	10,2 m
<b>Comprimento sobre a linha d'água</b>	10 m
<b>Largura máxima do casco</b>	4,7 m
<b>Largura do casco</b>	4,2 m
<b>Calado (incluindo leme)</b>	800 mm
<b>Carga completa</b>	7 toneladas
<b>Combustível</b>	680 L aprox
<b>Água doce</b>	300 L.



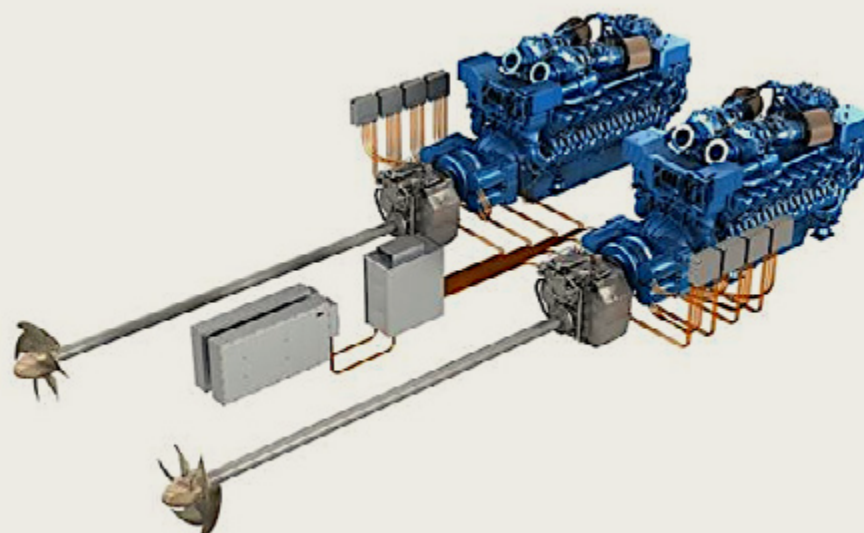
Fonte: Herley Boats Electric, 2022.

#### 4.3.1.2. Híbridos em série

A solução híbrida em série acontece quando a propulsão final (acionamento da hélice) é sempre fornecida por um motor elétrico (alimentado por baterias ou gerador). O motor elétrico e o motor de combustão estão conectados ao mesmo eixo de transmissão, e cada um dos motores pode acionar alternadamente ou simultaneamente a hélice de propulsão.

Essa propulsão pode ser qualificada como emissões zero apenas quando o conjunto de baterias é a principal fonte de energia e elas são recarregadas principalmente no cais por fonte de eletricidade renovável, como a energia solar. Esse tipo de motor emite GEE quando o motor de combustão interna está funcionando.

A partir de 2020, a Rolls-Royce disponibilizou no mercado uma gama de sistemas de propulsão de navios híbridos completamente integrados. Os sistemas de propulsão serão disponibilizados para iates, barcos de trabalho, balsas e barcos de patrulha em uma faixa de potência que vai de cerca de 1.000 kW a 4.000 kW por trem de força.



**FIGURA 27**  
Desenho de motores  
Rolls-Royce

Fonte: Rolls-Royce, 2022.

Qualquer que seja a solução híbrida implementada, é necessário ser capaz de distinguir e quantificar o tempo de funcionamento quando acionado no modo totalmente elétrico e em modo a combustível (térmico), para se ter uma correta distinção do tempo de funcionamento diário com cada fonte e assim ser possível quantificar as emissões de GEE. Durante um período de operação de 10 horas, a operação totalmente elétrica por mais de 50% do tempo pode ser considerada uma solução de baixa emissão.

Outros critérios também podem ser considerados nessa análise, como a capacidade do conjunto de baterias em comparação com a potência necessária para o motor elétrico operar na potência nominal, ou a potência do grupo

gerador em comparação, novamente, com a do motor elétrico. São diversas variáveis que, quando comparadas, determinam o quanto a embarcação emite de GEE.

Deve-se notar que a geração de energia por meio de módulos fotovoltaicos instalados no teto do barco melhora a operação totalmente elétrica e tende a reforçar a classificação de emissão zero.

#### **4.3.1.3. Propulsão com motor gerador auxiliar**

Ocorre quando a propulsão principal é um motor elétrico alimentado por uma bateria e existe um motor a combustível (térmico) de baixa potência capaz de recarregar as baterias. Essa solução deve ser classificada como emissão mínima porque o funcionamento do motor térmico é pouco frequente e ativado apenas em caso de necessidade de autonomia adicional. Em geral, as baterias serão recarregadas por meio de fonte de energia no cais ou mesmo energia solar embarcada.

#### **4.3.1.4. Propulsão elétrica a diesel**

Este tipo de motorização emite GEE permanentemente, pois os geradores garantem energia para os motores a combustão e não há bateria a bordo. Apesar da operação em velocidade constante do motor a diesel, acoplado ao gerador, permite uma redução significativa nas emissões de GEE.

Contudo, de forma alguma, apesar das melhorias na eficiência geral do regime de operação contínua e adoção de motores mais econômicos, esse é um tipo de barco de baixa emissão. Ele poderia ser considerado de menor emissão, ou mínima, no caso de acoplamento com tecnologias recentes que adicionam hidrogênio na queima conjunta com o diesel.

A Figura 27, a seguir, apresenta tecnologia de hibridização de motores a diesel com queima de hidrogênio, que é bastante compatível com tipos de embarcações de maior porte que circulam nas hidrovias da Amazônia e que poderiam facilmente reduzir as emissões do transporte fluvial.

**FIGURA 28**  
Tecnologia  
Hydrogen® acoplada  
a motor a diesel

Fonte: Dynacert,  
2020. Adaptado por  
USINAZUL, 2022.



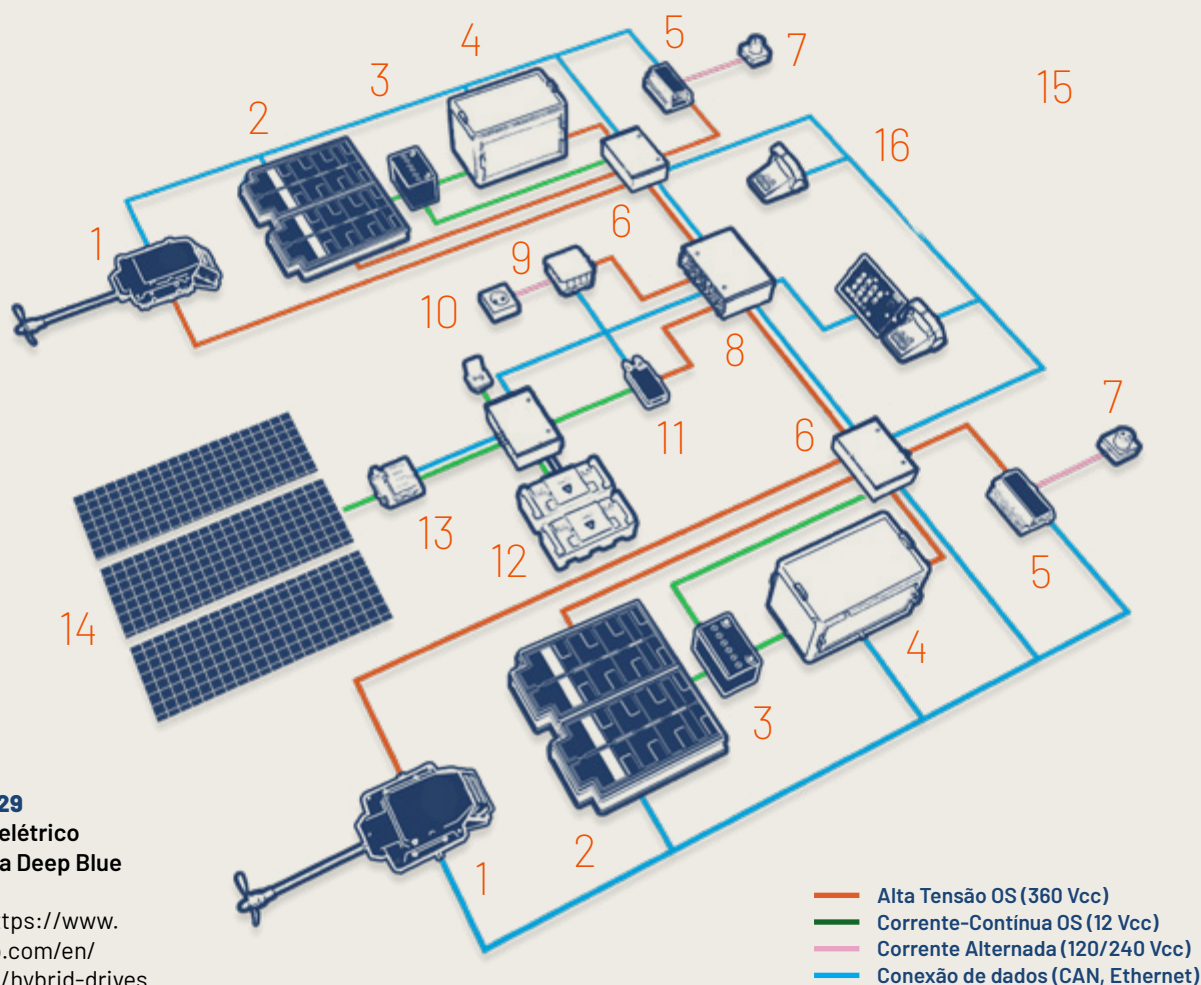
No caso do acoplamento do Hydrogen® nos motores a diesel, a redução global de emissões de particulados, CO, NOx, dentre outros componentes, pode chegar à ordem de 70% das emissões totais. A tecnologia Hydrogen® é comercializada no Brasil e pode ser fornecida pela USINAZUL ([www.usinazul.com.br](http://www.usinazul.com.br)), empresa especializada em soluções de baixo carbono e associada da ABGD.

#### 4.4. Sistemas integrados de componentes e controle em embarcações híbridas paralelas

Um exemplo atual de motores elétricos e demais componentes para barcos elétricos híbridos é fornecido pela indústria internacional. Por exemplo, o *Deep Blue Hybrid electric power system* foi desenvolvido para iates de até 120 pés, lanchas potentes, embarcações comerciais e balsas.

Deep Blue é um sistema de propulsão e gerenciamento de energia totalmente integrado, projetado industrialmente e personalizável com componentes modulares. O resultado é um desempenho excepcional, conformidade com os padrões internacionais de segurança e operabilidade altamente intuitiva.





**FIGURA 29**  
Sistema elétrico híbrido da Deep Blue

Fonte: <https://www.torqueedo.com/en/products/hybrid-drives>



1. Motor elétrico entre 25 e 100 kW de potência contínua a 360 Vcc.

---

2. Disponível no modelo interno, externo ou para veleiro.

---

3. Sistema de bateria de lítio de alta capacidade de 360 Vcc. Baterias de 12V alimentam o arranque do sistema de baterias de alta tensão e do gerador diesel. Baterias gerenciadas de forma autônoma.

---

4. O gerador diesel funciona quando a demanda de energia excede as fontes renováveis e a capacidade disponível da bateria é de 360 Vcc.

---

5. Carregadores de energia da fonte de alimentação em corrente alternada (CA), disponíveis no cais.

---

6. Caixa de conexão e gerenciamento de acionamento. Caixa de conexão para formar um sistema completo e integrado.

---

7. Conexão de energia em terra, onde o banco de baterias pode ser recarregado.

8. Caixa de conexão do sistema local, onde as conexões e as funções de gerenciamento do sistema são conectadas para formar um sistema completo e onde outras funções (de conveniência) para barcos e iates maiores são integradas.

---

9. O inversor CA fornece energia na tensão e a frequência necessárias.

---

10. Sistema de alimentação CA de 120/240 V, 50/60 Hz.

---

11. Conversor CC/CC bidirecional de 24 Vdc.

---

12. Baterias de bordo de 24 Vcc.

---

13. Controlador de carga solar com MPPT.

---

14. Módulos fotovoltaicos geram energia solar como potência adicional para o sistema.

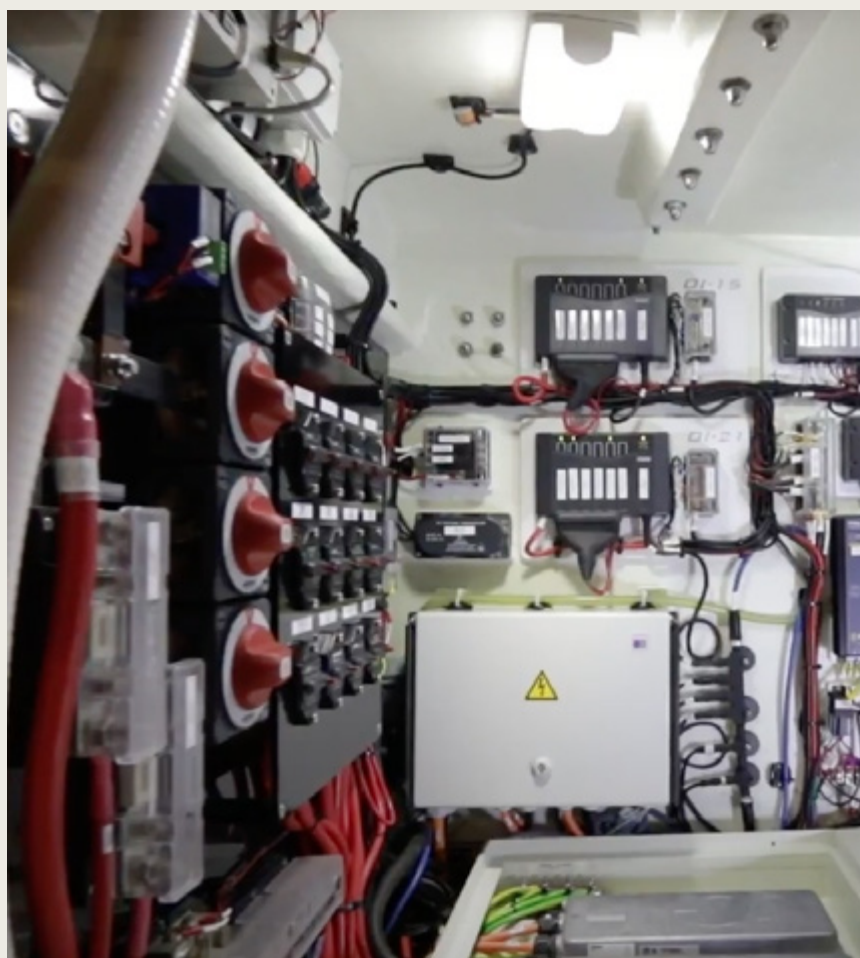
---

15. Acelerador eletrônico controla o desempenho dos motores elétricos.

---

16. Display do computador de bordo.

A Figura 29 a seguir é uma foto do sistema Deep Blue instalado. Como visto, é um sistema muito semelhante a um de energia solar remoto (*off-grid*) com controladores de carga, banco de baterias, sistemas de controle de tensão, inversores de corrente, geradores de *backup* etc. Sendo assim, o barco elétrico, acima de tudo, abriga uma instalação elétrica complexa com várias tensões, fluxo de corrente e outras variáveis importantes que precisam ser supervisionadas e controladas, o que requer a adoção de normas técnicas de engenharia e normas de instalação como a NR-10, dentre outras.



**FIGURA 30**  
Foto do Sistema  
Deep Blue Hybrid  
electric power

Fonte: <https://www.torqueedo.com/en/products/hybrid-drives>



## 5.

# Fatores importantes para seleção de barcos elétricos

Do ponto de vista energético, claramente a proposta da mobilidade elétrica é utilizar tantas fontes renováveis quanto possível, não sendo desejável recorrer aos combustíveis fósseis. Quanto melhor for a gestão da energia pelo usuário, menor será a necessidade de recorrer a fontes de origem fóssil tanto para acionamento direto quanto para recarga das baterias.

A mobilidade elétrica está se tornando mais acessível, mas os motores elétricos (*e-drives*, do inglês) ainda têm um preço alto. O fato dos acionamentos elétricos serem mais sustentáveis do que qualquer motor de combustão interna é indiscutível, pelo menos durante a operação dos motores. E a necessidade de descarbonização já está fazendo os preços globais começarem a cair.

Essa discussão é extensa, e nem sempre é totalmente baseada em fatos sobre o desempenho ambiental. Por exemplo, se for levada em conta a produção de baterias e até mesmo a origem da energia elétrica para armazenar nas baterias, novos tópicos devem ser considerados na análise de oportunidades. Ainda assim, a mobilidade elétrica é muito mais sustentável que a queima de combustíveis fósseis em motores a combustão.

**A geração de eletricidade com fontes de energias renováveis está progredindo muito. Esse é um setor cujo desenvolvimento acompanha e incentiva a disseminação e evolução da eletromobilidade, e em paralelo, é parte integrante da transição energética inclusiva.**

Adicionalmente à gestão energética, existe a logística e infraestrutura de postos de recarga das baterias que devem ser distribuídos em pontos estratégicos ao longo de uma rota de transporte, seja de passageiros ou carga. O planejamento da viagem é fundamental para que haja fontes de energia elétrica

ao longo do percurso para garantir a recarga das baterias com energia renovável. A eletrificação do setor naval é uma tendência que continuará crescendo à medida que mais países implementarem leis relacionadas à redução das emissões no setor. Os custos de aquisição de módulos fotovoltaicos caíram significativamente, e essa tendência deve continuar. Paralelamente, o desempenho dos sistemas também continua melhorando.

Novas baterias de tecnologia de íons de lítio apresentam melhorias significativas na capacidade de armazenamento, redução de peso e aumento de durabilidade. O importante trabalho (e volumes de vendas) no setor de carros elétricos permite que os barcos aproveitem esses avanços e peguem carona no desenvolvimento da indústria da mobilidade elétrica.

No mundo já existem mais de cem estaleiros produzindo barcos ou navios elétricos de acordo com um estudo da IDTechEx, que aponta que o setor é fragmentado, mas altamente lucrativo. No Brasil não existe uma oferta consistente, apenas iniciativas pontuais (P&D e investidores particulares) e muitas oportunidades a serem desenvolvidas.

Fato importante nessa discussão é o perfil de uso da embarcação elétrica: se o tipo de uso permite a ida e vinda das pessoas e transporte de cargas sem necessidade de carregar a bateria no meio da viagem, e, nesses casos, só será necessário carregar as baterias no ponto de origem e no retorno.

Independentemente das variáveis acima, ainda é necessário definir de forma mais assertiva e mais eficiente quais são os componentes que deverão ser selecionados e que tipo de embarcação melhor se adequa para cada caso estudado.

**Neste sentido são apresentados principais componentes estruturais e equipamentos técnicos de embarcações, como o tipo de casco, o painel solar, as baterias, os motores etc., que serão importantes na seleção e adaptação de barcos elétricos para diversas aplicações.**



## 5.1. Tipos de cascos

Barco elétrico necessita de cascos mais eficientes. Em um barco, devido à sua limitação de espaço para o banco de baterias, a energia é relativamente limitada em comparação com a disponibilidade energética do combustível fóssil, assim como é limitada a área disponível para a instalação dos módulos solares.

Para alcançar uma autonomia comercialmente atrativa, é imprescindível operar barcos com cascos vigorosos, estudados por sua baixa resistência à água, idealmente longos e esbeltos, configurando desta forma bons deslizadores. De uma forma simples e sem entrar em detalhes técnicos, os cascos de uma embarcação podem caracterizar-se quanto a:

### 1. TIPO DE DESLOCAMENTO NA ÁGUA

### 2. FORMATO DO CASCO

Quanto ao tipo de deslocamento na água:

#### A. CASCOS PLANANTES

são os que, após o arranque, se deslocam planando sobre a água. (Não recomendado para embarcações elétrico solar de passageiros ou carga, pois necessitam de motores muito potentes para manter o barco em planeio).

#### B. CASCOS DE DESLIZAMENTO

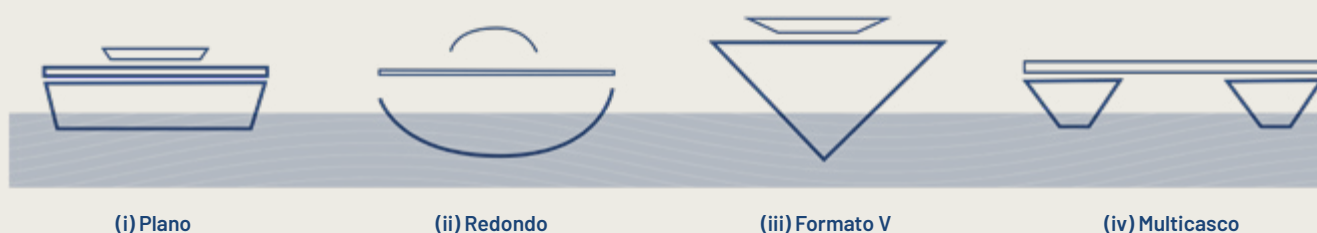
são os que deslizam afastando a água cuja parte do barco mergulhada empurra. Recomendam-se cascos de deslizamento preferencialmente para embarcações solares de passageiros e carga com velocidade de cruzeiro de até 10 nós.

Deveremos ainda ter em conta os cascos progressivos, semiplanantes e de semideslizamento, com características intermédias das duas primeiras definições, sendo que o semiplanante, por vezes, poderá andar muito perto dos planantes, e o de semideslizamento, mantendo as características do casco, poderá conseguir velocidades ligeiramente superiores às do puro deslizador.

Os cascos planantes e semiplanantes são recomendados para uso preferencialmente em embarcações elétricas híbridas mais rápidas, para uso profissional, esportivo e aplicações comerciais: patrulha, ambulância, táxi etc.

Outro parâmetro para seleção de embarcações é o formato dos cascos, que podem ser construídos:

**A. MONOCASCOS** são cascos planos (i) ou com um formato em V muito leve (iii), principalmente utilizados em planos de águas calmas (barragens, rios, etc.) e de características francamente planantes, rápidas e sem necessidade de grandes motorizações.



**FIGURA 31**  
Tipos de cascos de acordo com formato

Fonte: Adaptado pelo autor

Como exemplo da tipologia de casco mencionada acima, a figura a seguir apresenta design de casco de deslizamento com proa em V (e perfil progressivo). A proa inicia em perfil V, passando para o elíptico a partir da cabine e finalizando em perfil semiplano na popa.

**TABELA 6**

Monocasco Aquabus 1050 T. Grove Boats.

Passageiros	24
Potência	8 kW
Tensão	48 Vcc
Propulsão	Elétrico
Comprimento	10,5 m
Largura	2,5 m
Calado	0,7 m
Deslocamento	2.500 kg



Fonte: <https://eboatique.co.uk/electric-boat/aquabus-1050t-24-pax/>



**TABELA 7**

Monocasco – Projeto Aurora

Comprimento total	5,80 m
Boca moldada	1,8 m
Pontal moldado	1,00 m
Calado operacional	0,26 m
Passageiros	6
Tripulantes	1
Propulsão	20 kW
Vel. máxima	8 nós
Vel. econômica	6 nós
Autonomia operacional	4 h
Painéis fotovoltaicos	6 m <sup>2</sup>
Equipe de projeto	Sergio Lamarca e Mariana Novaes

Fonte: Lamarca Engenharia, 2022.

**B. CASCOS ARREDONDADOS** (ii) são deslizadoros por natureza, sendo que as altas motorizações só se justificarão no caso de traineiras ou barcos de trabalho, normalmente transportadores de grandes cargas a velocidades reduzidas comparativamente aos outros formatos.

**C. CASCOS EM V PROFUNDO OU MUITO ACENTUADO** (iii) são ideais para mar aberto e necessitam de motorizações potentes para suportarem as suas características planantes ou semiplanantes e as velocidades que podem atingir.

**D. MULTICASCOS** também são denominados por catamarãs ou trimarans (iv) dependendo se possuem dois ou três cascos ligados entre si. Os multicascos são versáteis em seu design e podem ser de deslocamento, planantes ou semiplanantes em função das linhas do casco e da finalidade de utilização. Esses barcos normalmente têm um motor em cada casco, não necessitando de motorizações altas para atingirem velocidades significativas. Os trimarans são característicos em veleiros com um motor central, sendo que os cascos laterais têm dimensões diferentes do casco central.

#### As vantagens e desvantagens dos multicascos:

**MELHOR APROVEITAMENTO DE ESPAÇO:** devido à forma característica de um catamarã, espaços como cockpit e solário de proa têm área muito maior que monocascos de mesmo tamanho. Também há uma grande área no teto da embarcação para a instalação de painéis fotovoltaicos.

**BAIXO CALADO:** como o peso do barco é distribuído em dois cascos, um catamarã exige menos calado para navegar, permitindo ir onde monocascos de mesmo tamanho não conseguem chegar. O casco duplo também proporciona um melhor desempenho hidrodinâmico.

**ESTABILIDADE SUPERIOR:** por utilizar dois cascos, um catamarã sempre terá maior estabilidade lateral quando comparado a um monocasco de mesmas dimensões.

**MELHOR MANOBRABILIDADE:** a alta capacidade de manobra é possibilitada pelo afastamento entre os motores, que faz com que um catamarã manobre muito mais fácil.

**NAVEGABILIDADE:** por cortar com suavidade as ondas e navegar com muito menos impacto, o catamarã possui uma grande capacidade de navegação, capaz de proporcionar a melhor experiência ao usuário em qualquer condição de mar/rio.

**DESVANTAGENS:**

Por serem dois cascos ligados por uma estrutura de união, geralmente tem maior uso de material e maior custo de fabricação. Na maioria das vezes, o catamarã necessita de dois motores, um em cada casco. Catamarãs são mais largos que monocascos, o que significa necessidade de mais espaço lateral em portos. Seu acesso a canais e rios mais estreitos é limitado.

A seguir é apresentado o Aquabus C60, um catamarã especialmente concebido para a exploração do transporte turístico e profissional de passageiros em águas costeiras e interiores.

**TABELA 8**

Multicasco catamarã Aquabus C60

Passageiros	60-85
Potência dos motores	2 x 8 kW
Tensão	48 Vcc
Propulsão	Elétrico solar puro
Comprimento	14-17 m
Largura	6,6 m
Calado	1 m
Velocidade	9 nós
Deslocamento	12.000 kg



Fonte: E-boatique. Disponível em: <https://eboatique.co.uk/electric-boat/aquabus-c60-60-85-pax/>





Outro barco com multicasco em desenvolvimento é o Projeto Carapeva – *Net Zero Shipping* (iniciativa internacional na área de navegação para atender ao cronograma de neutralidade de carbono em 2050) em condução pela Lamarca Engenharia, empresa brasileira atuante no ramo.

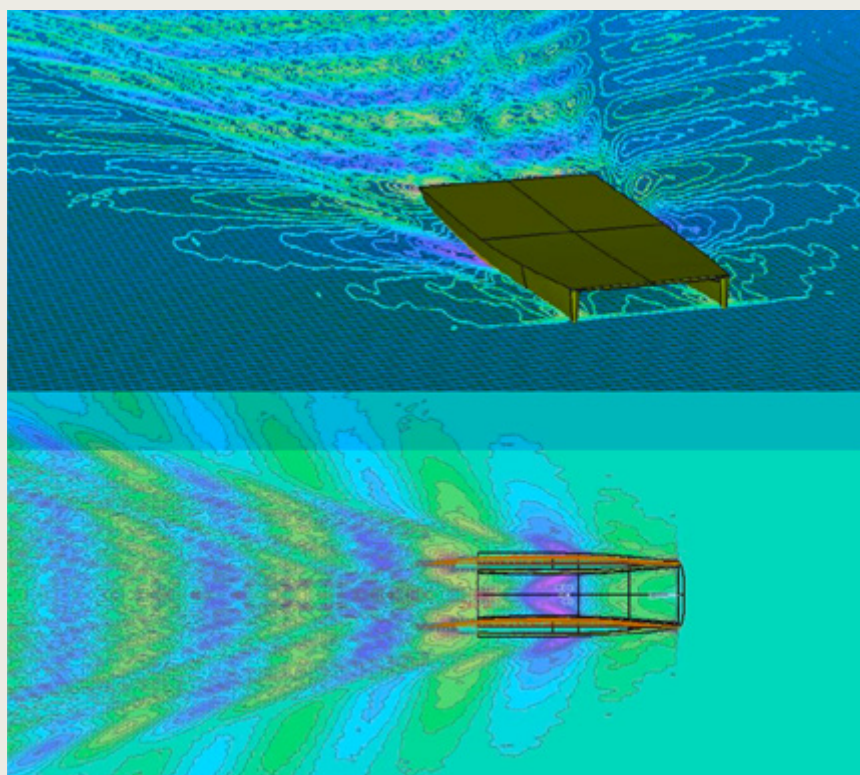
**TABELA 9**

### Multicasco Catamarã – Projeto Carapevas

<b>Comprimento total</b>	14,00 m
<b>Boca moldada</b>	6,00 m
<b>Pontal moldado</b>	1,50 m
<b>Calado operacional</b>	0,80 m
<b>Passageiros sentados</b>	46
<b>Cadeirantes</b>	2
<b>Sobrepeso</b>	2
<b>Tripulantes</b>	2
<b>Propulsão elétrica</b>	2 X 15 KW
<b>Velocidade máxima</b>	8,5 nós
<b>Velocidade econômica</b>	7 nós
<b>Autonomia</b>	3 h
<b>Painéis fotovoltaicos</b>	56 m <sup>2</sup>

Fonte: Lamarca Engenharia, 2022.

Casco com linhas hidrodinâmicas de alta eficiência, otimizado com o uso de programa computacional, Computational Fluid Dynamics (CFD), permite fazer uma simulação numérica de todos os processos físico-químicos de escoamento antes da construção e otimizar a eficiência energético do conjunto.



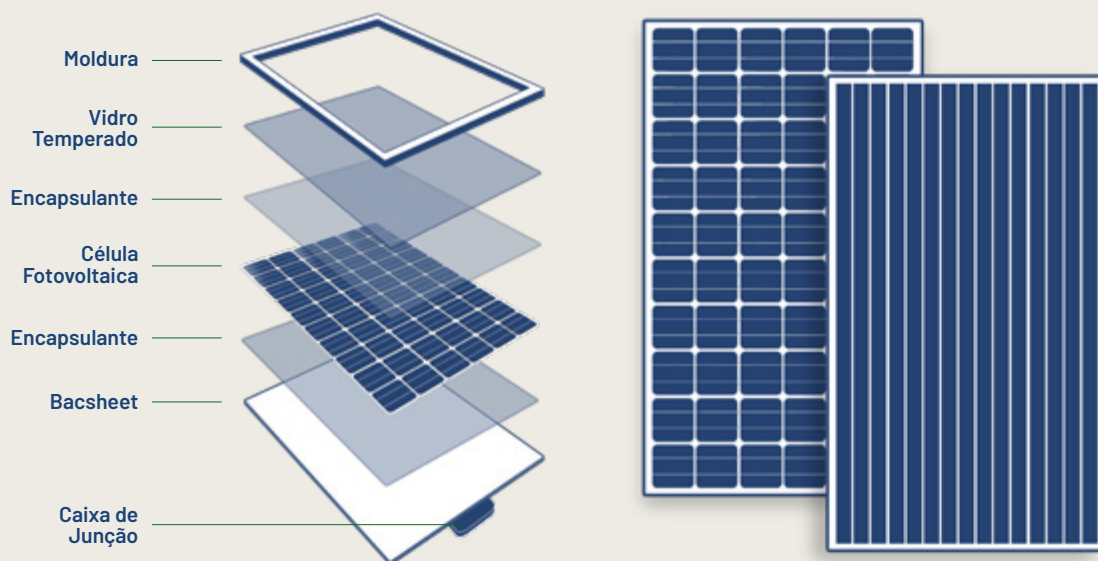
**FIGURA 32**  
Análise de computador  
(*Computational Fluid Dynamics*).

Fonte: Lamarca engenharia, 2022.

## 5.2. Gerador solar fotovoltaico

A energia solar tem como sua fonte principal o Sol, o que a torna uma energia limpa e sustentável, que pode ser utilizada para geração de eletricidade por meio de energia fotovoltaica. Os painéis solares fotovoltaicos produzem sua eletricidade usando por meio do efeito fotoelétrico. O efeito foi notado pela primeira vez em 1839 pelo físico francês Edmond Becquerel, que descobriu que certos materiais produziram uma corrente elétrica pequena quando expostos à luz.

As primeiras aplicações práticas de painéis solares fotovoltaicos foram em satélites espaciais na década de 1960. Com o passar do tempo, a tecnologia melhorou bastante e os painéis tornaram-se mais eficientes e mais baratos. Hoje painéis solares são acessíveis e eficientes o suficiente para uso doméstico, industrial, agrícola e para mobilidade.



**FIGURA 33**  
**Detalhe de módulo fotovoltaico**

Fonte: Wikipedia, 2021

Assim como em residências, os painéis fotovoltaicos também podem ser instalados no teto das embarcações, funcionando como sistema fora da rede (*off-grid*), gerando energia elétrica em corrente contínua, a qual será armazenada em bancos de baterias ou utilizadas diretamente para o acionamento de um ou mais motores. A energia proveniente dos módulos fotovoltaicos também poderá ser convertida em corrente alternada para acionar os demais acessórios elétricos do barco.

Três grupos de painéis fotovoltaicos são os mais utilizados no mercado de barcos elétricos solares:

**MONOCRISTALINOS** (com eficiência média entre 15% e 22%)

**POLICRISTALINOS** (com eficiência média entre 14% e 20%)

**AMORFO / FILME FINO** (com eficiência média entre 7% e 16%)

Se a questão não for o preço, em geral os barcos elétricos solares optam por painéis fotovoltaicos monocristalinos por serem mais eficientes. Essa escolha deve-se ao melhor desempenho dessas células, permitindo assim uma maior geração e autonomia da embarcação em comparação com as células policristalinas ou mesmo amorfas.

Contudo, algumas aplicações de barcos solares fazem a opção por módulos de filme fino por conta do menor peso e flexibilidade dessa tecnologia, características que se ajustam bem nas coberturas de lonas das voadeiras e pequenas embarcações existentes no Amazonas

Na modelagem feita no trabalho de Oliveira (2013), os painéis fotovoltaicos tradicionais (rígidos) possuem uma massa que corresponde de 8% a 15% do deslocamento das embarcações (GORTER; REINDERS, 2012). O trabalho também comenta a importância da redução do peso nos painéis para melhoria de ganhos em eficiência de toda a embarcação pela redução da área molhada.

Outro fator importante a considerar é que a instalação de painel solar em barcos também está limitada a áreas disponíveis sobre o teto do barco ou no convés, onde não haja circulação de passageiros, e áreas que tenham incidência solar. O número de módulos e a disposição (instalação em série ou paralela), tipos de material e potência deverão ser estudados para cobrir a maior área possível e para atender às especificações desejadas em função da potência e tensão do motor e demais equipamentos elétricos da embarcação.

**A tecnologia solar fotovoltaica está em plena expansão: novas tecnologias de painéis solares são desenvolvidas a cada ano, sendo desta forma necessária a atualização constante nesse setor.**

A potência dos módulos fotovoltaicos é definida em watts é expressa pela potência de pico (Wp). Essa potência corresponde ao máximo valor de potência ( $P_{max}$ ) que pode ser entregue em condições ambientais ideais. O que mais influencia as características elétricas dos painéis e, portanto, na sua eficiência, é a intensidade da luz solar e a temperatura das células.

As curvas características dos módulos fotovoltaicos são apresentadas tendo por base uma radiação solar de  $1000 \text{ W/m}^2$ , a uma temperatura de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . O aumento de uma temperatura na célula faz com que a eficiência do módulo caia, baixando o ponto de operação de potência máxima ou de pico.

Na prática, um painel solar instalado no telhado da sua casa ou no teto de uma embarcação ficará, em média, aproximadamente  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  mais quente do que a temperatura ambiente daquele dia. Ou seja, se a temperatura ambiente for  $26,4 \text{ }^\circ\text{C}$  (a média em Manaus), a temperatura na placa solar vai ser  $46,4 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Dessa forma, dificilmente se consegue obter a potência nominal ( $P_{max}$ ) de seus painéis solares em um dia quente no Brasil. Vale dizer que isso não é um problema, mas, sim, uma característica do material do qual os painéis solares são feitos.

Abaixo é apresentado um exemplo e especificações de painel filme fino (flexível), indicado para uso náutico com potência de 170 W.

TABELA 10

### Painel solar 170W E-flex



<b>Dimensões</b>	45,4"(L) x 31,9"(W) x 0,1"(H) (0,8" incluindo J-Box)
<b>Peso</b>	3 kg - Leve, portátil e fácil de guardar
<b>Tensão nominal (<math>V_{mpp}</math>)</b>	29,4 V
<b>Corrente nominal (<math>I_{mpp}</math>)</b>	5,84 A
Flexível até 30 graus e adequado para superfícies irregulares	
48 células solares primárias Maxeon™ Gen III monocristalinas de alta eficiência (25%)	
A caixa de junção com diodo de bypass possui proteção IP67	
Cabos longos de 17,7" (12 AWG) com conectores PV4-S (compatível com MC4)	
6 x ilhós de aço inoxidável 316 - Diversas opções de instalação	
5 anos de energia e 2 anos de garantia do produto (sem exclusão de água salgada)	

Fonte: SunPower®, 2022.

#### 5.2.1. Fatores para dimensionamento do sistema fotovoltaico

Diferente de um imóvel que está sempre posicionado na mesma direção, um barco se movimenta constantemente, sem possibilidade de ter uma orientação favorável ao sol constante.

A potência nominal de um sistema fotovoltaico instalado em uma embarcação dependerá de vários fatores:

**A.** Radiação solar média na área geográfica em que irá operar

**B.** Ângulo com o qual o sol atinge os painéis

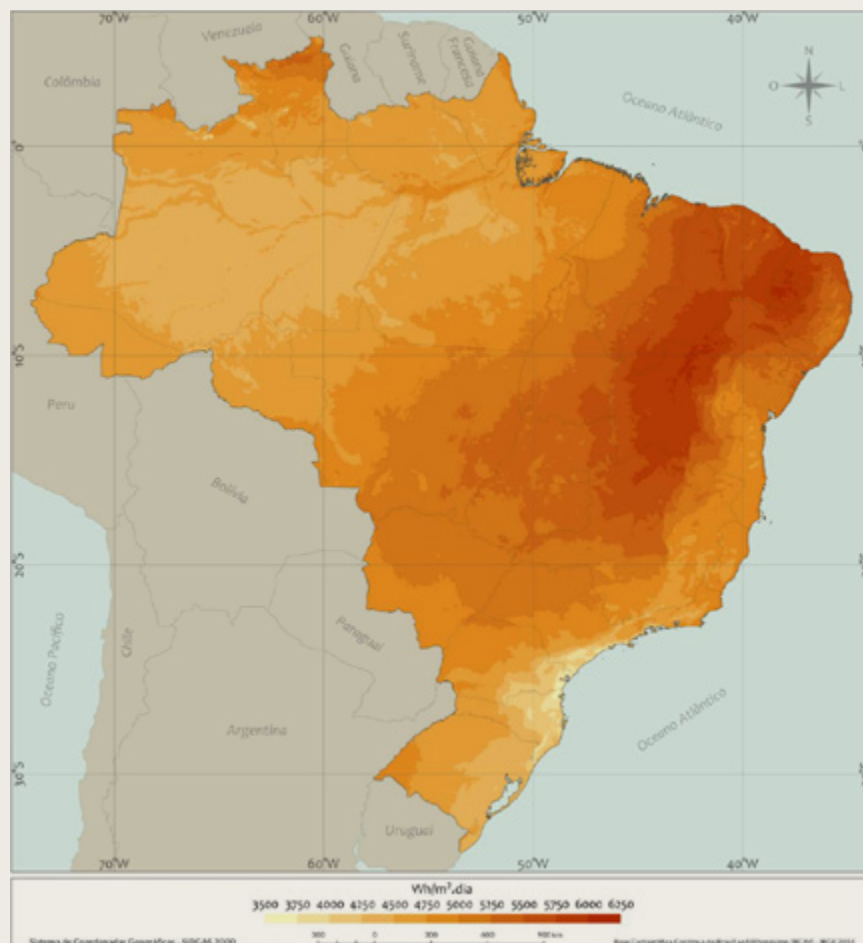
**C.** Inclinação dos painéis fotovoltaicos em relação ao eixo horizontal

**D.** Temperatura à qual os painéis fotovoltaicos são submetidos

**E.** Eficiência dos dispositivos que gerenciam a energia fornecida por esses painéis

**F.** Perdas nos drivers que o conectam ao sistema de acumulação

Do ponto de vista do potencial energético brasileiro, fazendo um recorte para a região Norte, existe bastante energia para recarregar baterias em qualquer estação do ano. A Figura 34 apresenta atlas solarimétrico do Brasil medido em Wh/m<sup>2</sup>.dia.



**FIGURA 34**  
Atlas solarimétrico brasileiro

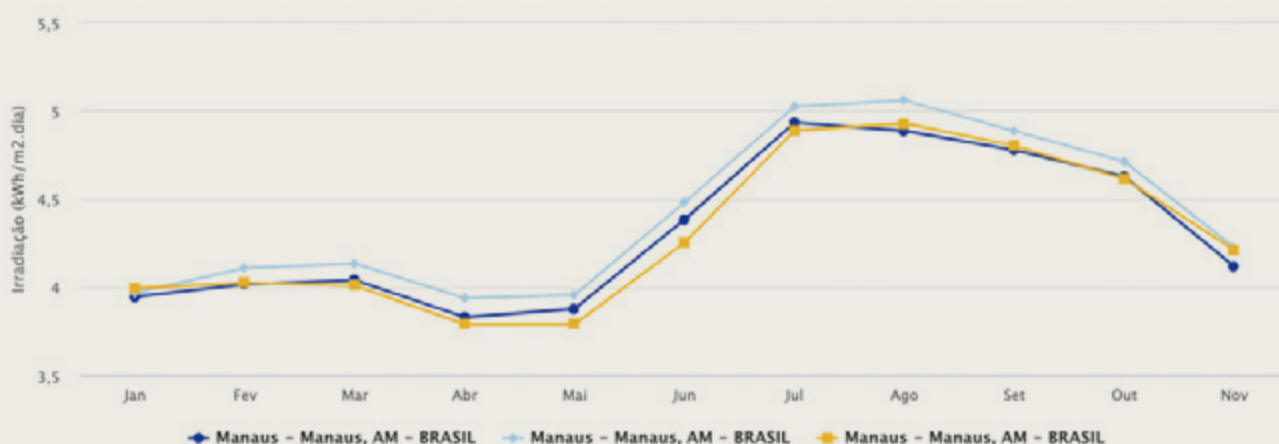
Fonte: INPE, 2022



As Tabelas 11 e 12 apresentam dados de radiação solar do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB) do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica da Eletrobrás (CEPEL) para as duas principais cidades da Região Norte.

Dados de radiação solar em (A) Manaus e (B) Belém do Pará

TABELA 11

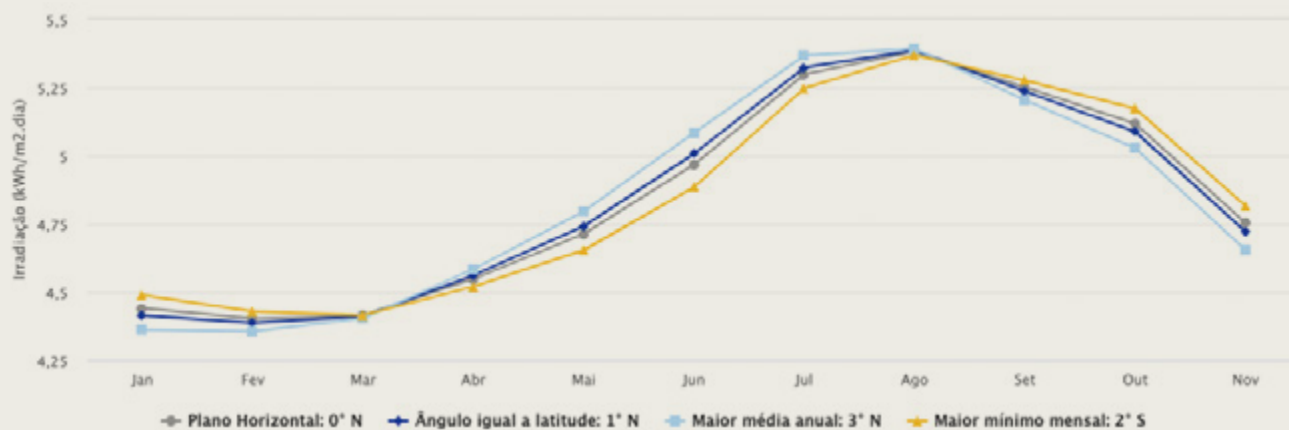


#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Piano Horizontal	0° N	4,00	4,03	4,01	3,79	3,79	4,25	4,29	4,89	4,93	4,80	4,62	4,21	4,30	1,14
✓	Ângulo igual a latitude	3° N	3,93	3,99	4,01	3,82	3,85	4,35	4,38	4,95	4,94	4,77	4,55	4,14	4,31	1,14
✓	Maior média anual	4° N	3,91	3,98	4,00	3,83	3,87	4,38	4,40	4,97	4,96	4,76	4,52	4,11	4,31	1,15
✓	Maior mínimo mensal	7° N	3,84	3,93	3,99	3,85	3,92	4,46	4,48	5,03	4,95	4,70	4,44	4,02	4,30	1,18

Fonte: CRESESB, 2022.

TABELA 12

Dados de radiação solar em Belém do Pará



#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal (kWh/m <sup>2</sup> .dia)												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	4,44	4,40	4,41	4,55	4,71	4,97	5,08	5,30	5,38	5,25	5,12	4,75	4,86	,98
✓	Ângulo igual a latitude	1° N	4,42	4,39	4,41	4,56	4,74	5,01	5,12	5,32	5,39	5,24	5,09	4,72	4,87	1,00
✓	Maior média anual	3° N	4,36	4,36	4,40	4,58	4,80	5,08	5,19	5,37	5,39	5,20	5,03	4,65	4,87	1,04
✓	Maior mínimo mensal	2° S	4,49	4,43	4,42	4,52	4,65	4,89	5,00	5,25	5,37	5,28	5,17	4,82	4,86	,95

Os gráficos apresentam a irradiância (kWh/m<sup>2</sup>.dia) para diferentes inclinações. Para o caso dos barcos elétricos solares, o ângulo mais provável do painel solar é o plano horizontal, quando os módulos fotovoltaicos são postos no teto dos barcos e voadeiras.

É possível notar o mesmo perfil de irradiância para ambas as localidades, com uma pequena variação nos meses do ano e uma irradiância média anual levemente maior em Belém (4,86 kWh/m<sup>2</sup>.dia), quando comparado com Manaus (4,30 kWh/m<sup>2</sup>.dia), considerando o plano horizontal.

Esse aspecto da geração de energia também foi tratado na seção “Oferta de energia solar para geração distribuída”, que indica boa radiação solar na região e viabilidade de navegação com sistemas puramente elétricos, acoplados com sistemas solares ou híbridos.

### 5.3. Baterias para barcos elétricos

O banco de bateria do barco solar equivale ao tanque de combustível de um barco tradicional. O tamanho e capacidade desse banco de bateria determina a autonomia de deslocamento e o alcance do barco elétrico. A velocidade na qual o barco é motorizado também afeta o alcance. Uma velocidade menor pode fazer uma grande diferença na energia necessária para mover um casco.

Outros fatores que afetam o alcance incluem as condições do mar ou rio, as correntes, o vento e qualquer carga que possa ser recuperada enquanto estiver em andamento. Por exemplo, por painéis fotovoltaicos em pleno sol. Uma turbina eólica em um bom vento vai ajudar na recarga da bateria também, e navegar a favor do vento pode ajudar ainda mais.

O banco de baterias dá autonomia ao barco. Quanto maior a quantidade de baterias do banco, maior será a quantidade de energia que pode ser armazenada. Porém, o seu dimensionamento deve ser feito de maneira bem cautelosa, pois ocupa espaço, aumenta o peso e representa um custo significativo do projeto. Um ponto bastante importante é verificar quanto tempo de autonomia o banco de baterias é capaz de fornecer energia em momentos em que há pouca ou nenhuma geração pelos módulos fotovoltaicos, como no caso de dias chuvosos e períodos noturnos.

Duas grandes famílias de baterias compartilham o mercado de baterias de tração para barcos, a saber:

**1. BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO:**  
relativamente pesadas (o que não é necessariamente uma desvantagem para um barco que deve ser lastreado), é uma tecnologia madura, de fácil manutenção e reciclável. Por fim, seu preço mais baixo permite uma instalação mais econômica e acessível, apesar da sua menor vida útil.

**2. BATERIAS DE ÍONS DE LÍTIO:**  
essa tecnologia é relativamente recente e, após seu desenvolvimento na eletrônica portátil, foi escolhida para carros elétricos. Seu custo é certamente maior do que as baterias de chumbo-ácido, mas sua capacidade de armazenamento e durabilidade são maiores.

Para determinar esses aspectos, as principais tecnologias são analisadas nos itens abaixo.

**A.** Alta energia específica. É importante quando o volume ocupado pela bateria é relevante na embarcação.

---

**B.** Alta velocidade de recargas e capacidade de descarga profunda (os barcos de travessia precisam de carga rápida).

---

**C.** Ciclos de vida longos.

---

**D.** A alta demanda de descarga é um aspecto importante para suprir a demanda máxima de corrente do motor em manobra.

---

**E.** Alta eficiência de recarga.

---

**F.** Autodescarga baixa.

---

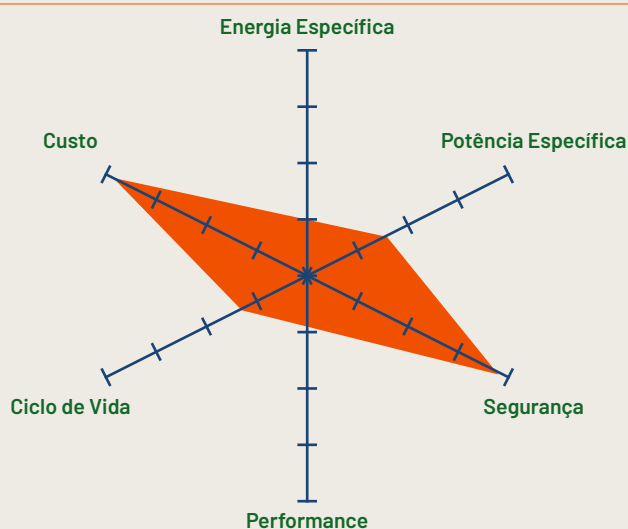
**G.** Baterias menos nocivas ao meio ambiente e recicláveis.

A seguir é apresentado um gráfico comparativo para cada tecnologia estudada.

### 5.3.1. Baterias de chumbo-ácido, VRLA, AGM, flooded (inundada)

Chumbo-ácido possui menor energia específica, menores ciclos de vida e menor custo inicial. Uma opção para projetos com menor custo de investimento e voltagem total não superior a 48V.

#### Chumbo-ácido, VRLA, AGM



**FIGURA 35**  
Análise competitiva da bateria chumbo-ácido

Fonte: <https://plugboats.com/plugboats-guide-to-electric-boat-batteries/>.



O tipo de baterias de chumbo-ácido usadas para impulsionar um barco elétrico são diferentes daquelas usadas em um carro movido a combustível fóssil como bateria de partida. Uma bateria de partida é usada apenas para dar partida em um motor, que requer muita energia, mas por um curto período: baixa tensão e amperagem máxima muito alta.

Não precisa de grande armazenamento de energia. Ele usa uma pequena descarga para girar o peso maciço do motor de combustível fóssil, então o alternador (que é apenas um gerador de eletricidade) recarrega a bateria por meio da rotação do motor de combustível fóssil.

Para o seu barco elétrico, você quer uma bateria que tenha uma potência de saída de energia (VA) compatível com o motor e com muita energia (kWh) disponíveis para descarregar totalmente a bateria (até cerca de 80%), consumindo eletricidade por um longo período,

que é chamado de ciclo profundo “Deep Cycle” ou, às vezes, para as baterias de chumbo-ácido, de descarga profunda “Deep Discharge”.

A bateria chumbo-ácida pode ser utilizada em equipamentos em vários setores, tais como telecomunicação, UPS (Nobreak), veículos elétricos, energia solar, entre outras. Com vida útil projetada de cinco a oito anos e livre de manutenção, é uma solução energética viável e de menor custo que baterias de lítio. A exemplo da bateria de chumbo-ácido (AGM / VRLA – First Power – LFP 12-85) da Figura a seguir.



**FIGURA 36**  
Bateria chumbo-ácido (VRLA)

Fonte: First Power.

Existem alguns tipos de baterias de chumbo-ácido de ciclo profundo, as baterias inundadas tradicionais e as de chumbo-ácido regulado por válvula (VRLA). Essas últimas são divididas em baterias de gel e tipos de manta de vidro absorvido (AGM). Nas versões inundadas, o eletrólito é líquido; nas versões em gel, é um gel e, na AGM, é mantido em estado semissólido por ser retido nos poros de uma manta de vidro. As baterias inundadas são as mais pesadas e mais baratas. As AGM são mais leves e mais caras, mas ainda muito mais baratas que as baterias de lítio.

Comparadas às baterias de íons de lítio, as baterias de chumbo-ácido possuem menor energia específica, ciclos mais baixos e menor custo inicial. A energia específica é de cerca de 1/5 das baterias de lítio, de maior densidade, e a potência específica é cerca de metade da das de lítio. As baterias de chumbo-ácido geralmente são muito seguras; no entanto, as versões inundadas podem liberar gás de hidrogênio e explodir sob certas condições, especialmente se o proprietário for negligente na manutenção e tiver chama próxima.



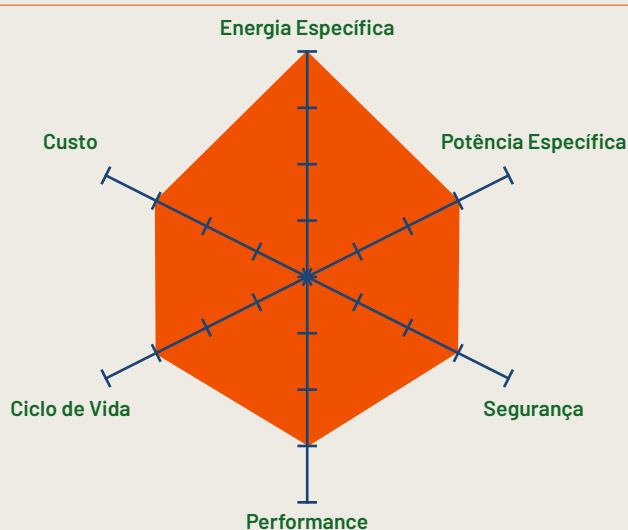
O custo inicial do chumbo-ácido é cerca de 1/4 do preço de uma bateria de íons de lítio, mas, como duram entre 600 a 1.000 ciclos, o custo por ciclo é maior. Eles são bons para motores menores, mas, quando a tensão fica acima de 48 volts, a quantidade de energia necessária para mover apenas o peso da bateria torna essa escolha menos viável para aplicações náuticas.

### 5.3.2. Baterias de íons de lítio

Há uma grande variedade de bateria de íons de lítio, sendo que algumas são utilizadas para equipamentos portáteis, como laptops, celulares, dispositivos médicos etc. Abaixo estão as principais variedades utilizadas para propulsão de barcos elétricos.

#### 5.3.2.1. Bateria NCM (óxido de lítio níquel manganês cobalto)

##### Bateria NCM



**FIGURA 37**  
Análise competitiva da bateria NCM

Fonte: <https://plugboats.com/plugboats-guide-to-electric-boat-batteries/>



A composição química refere-se aos materiais utilizados nos cátodos e possuem muitas alternativas atualmente, como o óxido de lítio níquel manganês cobalto:  $\text{LiNiMnCoO}_2$ : NMC (NMC, CMN, CNM, MNC, MCN, dentre outras).

NMC é a química mais popular para motores elétricos em Evs, e-bikes e barcos elétricos. A principal razão pela qual é tão popular é que tem uma alta energia específica. Diferentes fabricantes possuem suas próprias receitas para as proporções de níquel,

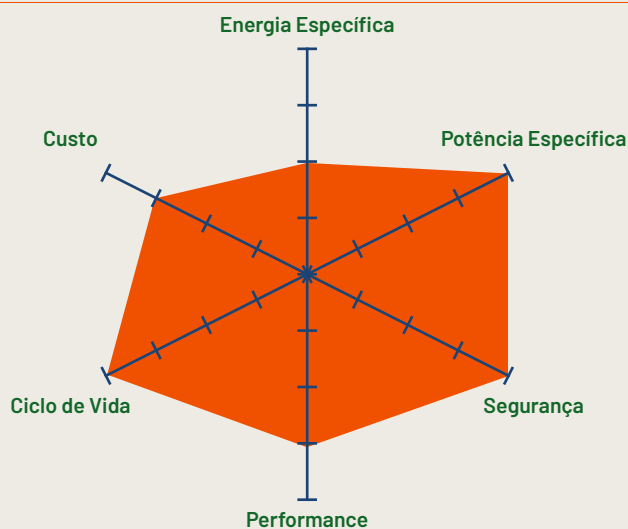
manganês e cobalto para que alguns sacrifiquem um pouco de energia específica por uma potência mais específica e vice-versa.

Os fabricantes de baterias estão tentando usar menos cobalto por causa do custo e das preocupações com impactos da mineração. Mais níquel significa maior densidade de energia, menor custo e vida útil mais longa, mas uma tensão ligeiramente menor.

### 5.3.2.2. Bateria lítio ferro fosfato: $\text{LiFePO}_4$ , $\text{LiFePO}_4$ ou LFP

As baterias de íons de lítio ferro fosfato ( $\text{LiFePO}_4$ ) / LFP têm maior densidade de energia, menor custo final e maior vida útil. Essa é uma opção ideal para veleiros que precisam de lastros e barcos de deslocamento de baixa velocidade, pois possuem menor custo, maior peso e menor performance.

#### Bateria LFP



**FIGURA 38**  
Análise competitiva da bateria LFP

Fonte: <https://plugboats.com/plugboats-guide-to-electric-boat-batteries/>



Muitos proprietários de barcos elétricos e empresas preferem a química da bateria de lítio ferro fosfato ( $\text{LiFePO}_4$ ) às baterias de íons de lítio, principalmente por dois motivos: custo mais baixo e suas preocupações com a segurança dos íons de lítio.

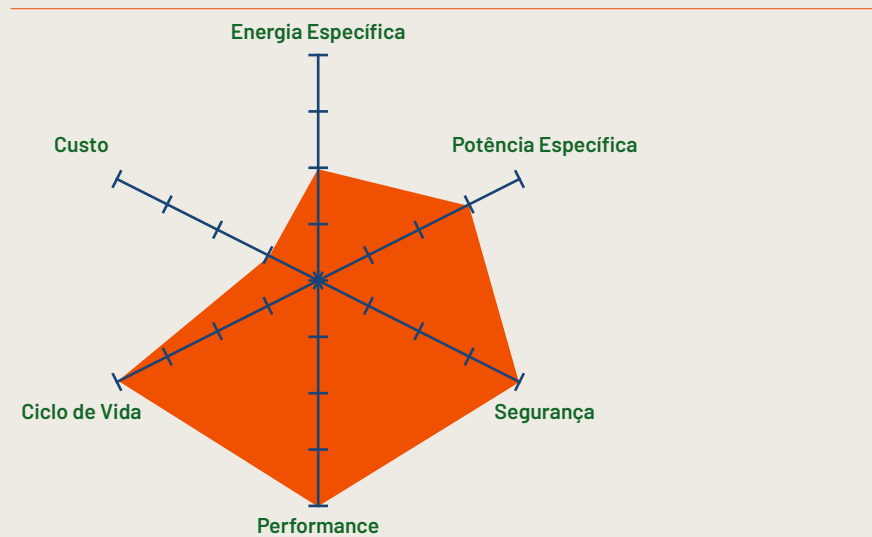
No entanto, trata-se de uma escolha que envolve o alcance do barco, porque o  $\text{LiFePO}_4$  tem uma energia específica mais baixa. Pode não ser a melhor escolha de bateria para um barco elétrico

de alta velocidade e alta potência, mas está se tornando cada vez mais popular entre os proprietários de veleiros, nos quais o aumento do peso da bateria em relação ao tamanho do barco é menos importante e a velocidade sob potência não é um problema.

### 5.3.2.3. Bateria de titanato de lítio (LTO ou Li-Titanate)

As baterias LTO possuem custo mais elevado, são mais pesadas, apresentam vida longa maior, são mais seguras e passíveis de carregamento rápido. Essa é a opção ideal para navios e balsas de grande porte.

#### Bateria LFP



**FIGURA 39**  
Análise competitiva da bateria LTO

Fonte: <https://plugboats.com/plugboats-guide-to-electric-boat-batteries/>



O titanato de lítio é uma química muito boa para navios maiores, mas não é uma opção popular para barcos de recreio e de menor porte. A razão é que essas baterias têm uma baixa energia específica – então são muito pesadas. Por outro lado, têm longa vida útil, são muito seguras e podem ser carregadas muito rapidamente. A outra desvantagem é que são caras.

Para uma grande balsa elétrica, em que o peso da bateria é menos importante, mas o carregamento rápido e a segurança são relevantes, o custo inicial mais alto é compensado pela longa vida útil, o que significa que o operador está livre dos altos custos operacionais contínuos de abastecimento constante com combustível fóssil.

O custo de investimento associado a cada tipo de armazenamento é um parâmetro econômico importante e afeta o custo total do armazenamento de energia. Portanto, alguns tipos de sistemas de armazenamento só podem ser lucrativos se um determinado mínimo de energia for fornecido. O custo total do sistema deve ser considerado (incluindo a durabilidade do equipamento e o custo da manutenção) para obter uma análise completa dos custos. O custo por ciclo pode ser a melhor maneira de avaliar o custo de um sistema de armazenamento de energia projetado para aplicações frequentes de descarga e carga.

Quanto maior o ciclo de vida da bateria, maior o retorno do investimento, a exemplo da bateria náutica de uso geral (Exide Dual). Essa bateria é adequada para guinchos elétricos, propulsores e motores de pesca.



**FIGURA 40**  
Bateria de titanato de lítio

Fonte: <https://www.exidegroup.com/eu/en/product/exide-dual>



Outra bateria dedicada exclusivamente para uso em barcos é a Power 24-3500, fabricada pela Torqeedo. Seus detalhes são apresentados na Tabela a seguir.

TABELA 13

Dados da bateria Torqueedo Power 24-3500



<b>Bateria de lítio de alto desempenho</b>	3,50 kWh
<b>Densidade de potência de energia</b>	138 Wh/kg
<b>Peso</b>	25,3 kg
12 horas para recarregar totalmente com o carregador padrão de 350 watts	
Carregador rápido opcional de 1.700 watts recarrega em menos de duas horas	
À prova d'água para IP67	
Inclui sistema de gerenciamento de bateria com proteção integrada contra sobrecarga, curto-circuito, descarga profunda, inversão de polaridade, superaquecimento e submersão	

Fonte: Torqueedo, 2022.

A seguir são apresentadas baterias para motores da *ePropulsion*, que adota a estratégia de operação inteligente, quando as baterias são fabricadas especificamente para serem usadas com os motores da mesma marca. Isso gera a vantagem de poderem ser gerenciadas por sistemas informatizados e integradas ao sistema de controle, aumentando a eficiência do motor e da bateria.

**FIGURA 41**  
Baterias ePropulsion (ions de lítio)

Fonte: ePropulsion, 2022.



Baterias de íons de lítio estão cada vez mais competitivas, com preços a partir de U\$ 0,5 Wh (watt-hora) e alta densidade de energia. Com peso 70% menor, ocupam menos espaço do que as baterias de chumbo-ácido, com maior ciclagem, acima de 3.000 ciclos a 80% de Profundidade de Descarga Diária (DOD, em inglês).

### 5.3.3. Motor elétrico náutico

Os motores elétricos são os responsáveis por transformar a energia elétrica em mecânica dentro da embarcação, sendo os principais consumidores de energia nos barcos elétricos, particularmente nos solares. Os barcos solares não precisam tanto de aceleração, assim como os carros elétricos, pois operam em faixas de velocidades mais restritas, que giram em torno da velocidade de cruzeiro.

O torque inicial também deve ser alto para vencer a inércia na hélice, porém as potências mais altas serão as utilizadas em manobra, e não em altas velocidades. Também necessitam de alta confiabilidade e apresentam custos razoáveis. Alta densidade de potência para redução do deslocamento e redução do volume interno são características bem-vindas nos motores elétricos. E o percentual do peso do motor em comparação ao peso da embarcação é menor que o do veículo elétrico.

Os motores dos barcos elétricos devem ser dimensionados para terem a melhor eficiência energética e serem suficientemente potentes para permitir a manobrabilidade da embarcação nas diferentes circunstâncias de navegação. Comparados a um motor a combustão, as potências dos motores podem parecer relativamente baixas no início, mas um motor elétrico precisa de aproximadamente metade da potência de um motor de combustão para o mesmo desempenho e empuxo.

A seguir são apresentados os principais tipos de motores e dados de fabricantes para embarcações de menor porte.

### 5.3.4. Motor de popa

O motor de popa é aquele que se prende à popa de um barco. Ele é o mais indicado para os barcos menores, oferecendo um bom posicionamento e aplicação de pesca e lazer. Esse tipo de motor ocupa menos espaço, mas concentra seu peso na rabeira do barco, o que pode influenciar de modo negativo a performance da embarcação.

O centro-rabeta, por sua vez, divide melhor o peso, mantendo o equilíbrio da embarcação e permitindo um melhor desempenho.



Tanto o motor de popa como o centro-rabeta podem ser aproveitados em duplas, porém, nessa configuração, ocupam mais espaço.

O motor de popa geralmente é usado em lanchas de pesca e passeio, com dimensões de até 26 pés. Ele também é o mais indicado para quem deseja navegar constantemente em regiões de baixa profundidade, porque pode ser completamente elevado e até mesmo retirado da água, se necessário.

Motores de popa elétricos não são motores de pesca e não devem ser confundidos com motores *trolling* ou motores de popa de combustão de partida elétrica. Diferentemente dos motores elétricos *trollings* (medidos em empuxo estático), que só podem funcionar em baixa velocidade, os verdadeiros motores elétricos de popa podem fornecer uma potência e torque muito maior e são projetados para serem usados como fonte de força primária.

Mesmo pequenos motores de popa elétricos, como o popular de 3 HP, seriam suficientes para mover barcos de até 1,5 tonelada, incluindo botes, infláveis e pequenos veleiros, a uma velocidade de 5 nós.

No quesito velocidade, um motor de popa elétrico de maior potência para manter o barco em uma velocidade de planagem mais alta ainda possui desafios com base na tecnologia de hoje. Assim, os motores de popa elétricos precisam de grande capacidade de bateria para manter uma alta velocidade.

A quantidade de energia da bateria necessária para mover um barco é dez vezes maior do que para um veículo motorizado. Comparativamente, para viajar a 5 nós, é necessário um motor de popa elétrico de 10 HP. Porém, se for acelerar até 15 nós, provavelmente precisará de um motor de popa elétrico de 100 HP, e isso irá requerer muito mais energia e bateria. Por essa razão que os motores de popa elétricos abaixo de 20 CV (motores de 3 CV / 4 CV / 5 CV / 10 CV) ainda são os principais no mercado consumidor.

Relativo à potência dos barcos, para obter o motor de popa elétrico do tamanho certo, é necessário considerar o tamanho do barco (peso / comprimento), a carga do barco, a velocidade desejada e o ambiente no qual o barco irá operar etc. De um modo

geral, um motor de popa elétrico de 1 kWe (3HP) é suficiente para fornecer uma velocidade e alcance satisfatórios para barcos tipo *tenders*, *day sailers* e botes de até 1,5 tonelada. E o motor de popa elétrico de 6 kWe (10 HP) é para barcos infláveis rígidos (RIBs), barcos de pesca e veleiros de cruzeiro de até 6 toneladas.

Um motor de popa elétrico mais potente, por exemplo, com motor elétrico de 48 kW (80 HP), é principalmente para uso comercial, para barcos de grande porte, iates, barcos velozes ou para prática esportiva – nesses casos, com alto custo inicial pelo conjunto de baterias necessárias para fornecer toda a potência requerida pelos motores. (Fonte: <https://www.epropulsion.com/post/electric-outboard-motor-guide/> )

A seguir são apresentados alguns tipos de motores e suas principais características elétricas, dados técnicos e aplicações.

**A.** A Torqeedo é uma das principais fabricantes de motores de popa elétricos do mundo. A empresa foi fundada em 2004 e oferece motores de pesca, internos, externos e motores de pod, e trabalha com a divisão de baterias da BMW, além de fazer parceria com muitos dos principais designers e fabricantes de barcos do mundo.

TABELA 14

### Motor de popa Torqeedo 1103 CS



Para *tenders*, *daysailers* e botes até 1,5 tonelada

Motor de popa de alta eficiência com bateria de lítio de alto desempenho integrada de 9,15 kWh, recarregável por energia solar

Inclui computador de bordo com cálculo de alcance baseado em GPS e carregador ultrassilencioso (33db), limpo e compacto com acionamento direto

Resposta instantânea do acelerador com 10% a mais de potência

Completamente à prova d'água (IP67)

<b>Peso total</b>	17,3 kg (P) / 17,7 kg (L)
<b>Comprimento do eixo</b>	curto 62,5 cm / longo 75 cm

**B.** A série Navy é a espinha dorsal dos motores de popa elétricos da ePropulsion. Fornece energia eficiente e limpa para barcos de pesca de alumínio, botes, *daysailers* e veleiros de cruzeiro, adequados para água salgada e água doce. Graças à tecnologia de acionamento direto, o motor de popa elétrico é silencioso, livre de manutenção e confiável.

TABELA 15

### Motor Navy



<b>Potência</b>	6 kW
<b>Tensão</b>	46,8 (nominal)
<b>Bateria Li-íon</b>	3,04 kWh
<b>Alcance</b>	1h – 4h
<b>Comprimento do eixo</b>	76,5 cm
<b>Peso do motor</b>	31,1 kg
<b>Peso da bateria</b>	31,5 kg
<b>Total</b>	62,6 kg
<b>Outras características</b>	Hidrogenação, parada de emergência de colisão de hélice, indicador de bateria fraca, proteção contra superaquecimento, garantia de dois anos (para bateria, 1 ano)
<b>País de fabricação</b>	China/Hong Kong

**C.** A RAD Propulsion Ltd é uma empresa de propulsão elétrica marítima sediada no Reino Unido que desenvolve e vende uma gama de produtos de propulsão marítima elétrica inteligentes e conectados direcionados a todos os participantes de esportes aquáticos, de *paddleboards* a grandes proprietários de barcos.

O projeto e a engenharia da hélice sem cubo oferecem vantagens em relação às hélices de eixo padrão para muitas aplicações. O RAD40, um aro de 40 kW com recursos de operação intuitivos, é adequado para RIBs e lanchas.

No motor de aro (RIM), as pás de hélice são conectadas e acionadas a partir do aro circular do motor em vez da configuração usual de hélices conectadas a um cubo central.

TABELA 16

Motor RAD 40



<b>Potência</b>	40 kW (HP 60)
<b>Tensão</b>	compatível com sistema de 110 V (nominal)
<b>Tipo de motor</b>	RIM
<b>Bateria</b>	Variável de acordo com especificações
<b>Peso (kg)</b>	~60 kg
<b>Direção</b>	Remoto ou remoto com sistema sem fio Bluetooth
<b>Outros</b>	diâmetro da hélice de 300 mm, lâminas de hélice individuais facilmente substituídas se necessário, refrigeração passiva (a água), sistema RADbus conecta todos os elementos
<b>Pais de fabricação</b>	Reino Unido

Fonte: Propel D1 10kW/20hp pancake motor electric inboard – lugboats

5.3.5. Motores elétricos de centro

TABELA 17

Motor Krautler WA (alta velocidade)



<b>Potência de saída</b>	30 kW – 100 kW
<b>HP</b>	45 – 130
<b>Tensão</b>	100 V – 500 V
<b>Corrente</b>	150 A a 350 A
<b>Inclui</b>	Bateria, controlador, acelerador, monitor, display, cabos
<b>Pais de fabricação</b>	Áustria

Fonte: Propel D1 10kW/20hp pancake motor electric inboard – –lugboats

Os motores da linha WGM20, fabricados pela empresa Weg, são compactos e foram desenvolvidos para atender às mais diversas aplicações. São aptos a operar em ambientes confinados e agressivos, que necessitam baixo nível de ruído e mínima dissipação térmica para o ambiente. Possuem sistema de canais de refrigeração, que facilita a inspeção e limpeza, reduzindo os custos com manutenção.

### Motores elétricos WEG de centro para barcos de grande porte

TABELA 18



<b>Potência</b>	200 a 2.800 kW
<b>Carcaça</b>	355 a 560 (IEC)
<b>Tensão</b>	400 a 4.160 V
<b>Número de polos</b>	4 a 8
<b>Frequência</b>	50 ou 60 Hz
<b>Aplicações</b>	Motor propulsor principal e motores lateral, bombas de combate a incêndio, guinchos
<b>País de fabricação</b>	Brasil

Fonte: WEG, 2022. Disponível em: [https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-El%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico--Alta-Tens%C3%A3o/Linhas-Dedicadas/Naval/Motores-de-Indu%C3%A7%C3%A3o-Trif%C3%A1sicos-Refrigerado-por-Manto-d%E2%80%99%C3%A1gua/p/MKT\\_WEN\\_WLINE\\_MARINE](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-El%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico--Alta-Tens%C3%A3o/Linhas-Dedicadas/Naval/Motores-de-Indu%C3%A7%C3%A3o-Trif%C3%A1sicos-Refrigerado-por-Manto-d%E2%80%99%C3%A1gua/p/MKT_WEN_WLINE_MARINE)



## 5.4. Controladores de carga

Soluções integradas para barcos e voadeiras podem contar com kits de equipamentos e acessórios, nos quais todos os componentes são reunidos em um painel de controle fixo no barco ou em uma caixa box projetada como um kit modular portátil (como veremos a seguir nas propostas de projetos).



**FIGURA 42**  
Cabine e painel de comando do Aquabus 1050

Fonte: Groveboats, Suíça.



### 5.4.1. Controladores de carga MPPTs

Os controladores MPPT (*Maximum Power Point Tracker, em inglês*) possuem as mesmas características de controlador de carga de baterias de uma instalação fotovoltaica *off-grid*. Os MPPTs são constituídos por conversores CC-CC e, como controladores de carga, têm a função de monitorar as baterias para evitar a sobrecarga e o excesso de descarga. Para fazer isso, medem a tensão da bateria e desconectam os painéis no caso de sobrecarga, ou podem até desligar a carga quando a bateria apresentar valores de tensão muito baixos.

Controladores têm a função de operar um sistema com duas tensões distintas, o que pode ser interessante quando o ponto de máxima potência de um painel encontra-se a uma dada voltagem e o ponto de potência da carga do motor ou o ponto de recarga ótima da bateria encontra-se em outro. Caso não exista um MPPT, o painel será forçado a operar com a tensão da carga e uma parte da energia que poderia estar sendo fornecida pelo painel é perdida. Instalações fotovoltaicas de barco solares de alta eficiência não podem dispensar o uso de um MPPT.

TABELA 19

### Controladores de carga e medidor de energia típicos



Controlador 30A MPPT / PWM

Controlador de carga solar para sistema com painel solar 12 V / 24 V

Possui temporizador de carga, visor LCD, regulador de painel solar com proteção

Medidor de energia

Voltímetro amperímetro 100 A CC e leitor de consumo

Medidor de tensão, corrente, potência e consumo de energia elétrica, em volts, ampere, watts e kWh, respectivamente



Fonte: <https://www.nauticexpo.com/pt/prod/aaa-world-wide-enterprises-ltd/product-35748-260327.html>

## 6.

# Eletrificação de barcos de acordo com rotas

Diversas são as aplicações para eletrificação de embarcações nos rios da Amazônia. Nas seções anteriores, foram apresentados barcos puramente solares, barcos com carregamento de baterias solar e por fonte externa, localizada no cais e/ou comunidades ribeirinhas a partir de usinas de energia com fontes renováveis ou geradores a combustível, e ainda barcos elétricos carregados por geradores a diesel.

Nesta seção será apresentada uma ideia para adaptação de painel solar e motores elétricos no formato de kits para pequenas embarcações, como as voadeiras. Será apresentada uma análise econômica entre consumo de combustível e uso de eletricidade para diferentes rotas.

### 6.1. Kit solar adaptado para voadeiras

Os designers Marcos Zanini e Fernando Cunha Lima desenvolveram um conceito de kit elétrico solar modular que pode ser montado em embarcações já existentes ou em novas embarcações.

O conceito de kit prevê um sistema modular, com diferentes níveis de potência, autonomia e capacidade de autoprodução fotovoltaica, baseado em componentes comerciais, abrindo diversas oportunidades de aproveitamento da propulsão com energia solar.

O kit é flexível, permitindo ser instalado por etapas, dependendo do orçamento disponível, e pode atingir progressivamente a potência desejável para autoprodução e capacidade de armazenamento de energia, tanto ampliando o tamanho do painel solar quanto o banco de baterias, observando as questões técnicas de mesclar equipamentos novos e velhos e tamanho limite do barco.

O conceito de kit prevê aplicação em *retrofit* para uma variedade de tipos de barcos existentes. O teto solar conta com estrutura modular e flexível nas medidas certas, fácil de montar no local sem a necessidade de ferramentas particulares. Idealmente, os painéis são do tipo flexível, mas não necessariamente.

A instalação pode ser de um ou mais motores elétricos, dependendo do tamanho do barco, do tipo de serviço a ser prestado e da velocidade desejada. Um banco de baterias, na maioria dos casos de produção nacional de chumbo-ácido ou lítio, tem eletrônica de controle da propulsão, carregador de baterias, entrada para energia da rede elétrica e gerador portátil. É desejável a instalação com cabos comerciais e terminais de boa qualidade para maior eficiência do conjunto.

O kit deverá ser fornecido com um diagrama elétrico e instruções de montagem claras. Pode ser também a base para desenho de um novo barco, nesse caso otimizado para uma configuração específica e tamanho da propulsão elétrica, desenhado com o máximo cuidado hidrodinâmico e possivelmente construído utilizando materiais e tecnologias de última geração, além de ser projetado para um uso específico.

De acordo com a Tabela 20, o teto (A, B e C) é uma estrutura em tubo de alumínio, criada com poucas peças, que pode ser montada com medidas flexíveis para se adaptar ao tipo e tamanho do barco. Sustenta uma lona onde são fixados painéis PV do tipo flexível.

Os elementos da estrutura do teto podem ser facilmente cortados no local da montagem e são fixados utilizando simples rebites comerciais ou parafusos que chegam no conjunto.

A estrutura de sustentação do teto solar também conta com tubos de alumínio, tem a opção de vários sistemas de montagem no barco, dependendo do material e do desenho dele, e trabalha a compressão como um Bimini normal. Desde o teto solar, uma única mangueira recolhe e leva os vários cabos dos painéis PV até o carregador de baterias.

A caixa de baterias (D) possui medidas variáveis dependendo do número de baterias a serem colocadas, é de tipo padrão, em plástico robusto, industrial, fechada com duas fechaduras industriais. A caixa possui passa-cabos à prova d'água industriais para entrada de cabos e mangueiras, com tomada para conectar-se à rede de terra, com disjuntor (fica armazenado a bordo para quando precisar).

A caixa é afastada do deck do barco por suporte antivibração (igual aos utilizados para montar motores), assim a chuva ou água no barco não molham a caixa. Os suportes também seguram o peso da caixa com as baterias no barco no lugar ideal para que essa massa não prejudique as condições ideais de navegação.

O kit pode incluir instrumentos de medição de energia (voltímetro e amperímetro), visor de nível de carga das baterias, alarmes e botão de desconexão de emergência, chave para seleção de conexão a rede, fusíveis e sistemas de produção.

Apesar de ainda não existirem kits dessa natureza, ou de serem bastante difíceis de encontrar no mercado brasileiro, esse conceito proporciona várias vantagens ao consumidor:

1. É flexível nas medidas e na capacidade de se adaptar a vários tipos de barcos

---

2. É flexível no uso da tecnologia disponível no momento da compra

---

3. Resolve a maioria dos potenciais problemas com antecedência

---

4. É relativamente à prova de falhas, para proteger o cliente de danos criados pela sua falta de conhecimento sobre o tema durante a instalação

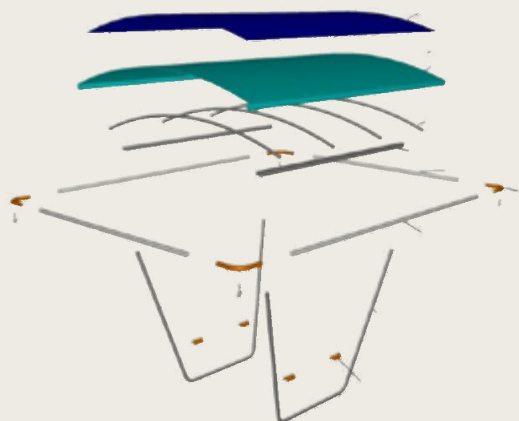
---

5. É fácil de inspecionar e resolver problemas.

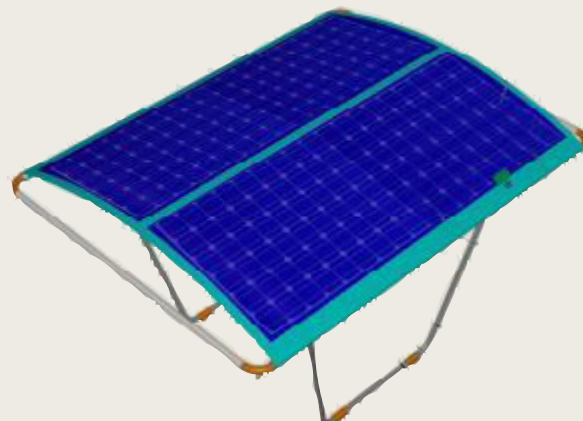
A experiência de muitos fabricantes de barcos solares comprova que a qualidade dos cabos e ainda mais das conexões é a principal fonte de problemas de manutenção. Por essa razão, a caixa das baterias inclui a maioria das conexões em um ambiente protegido, controlado e à prova d'água.

TABELA 20

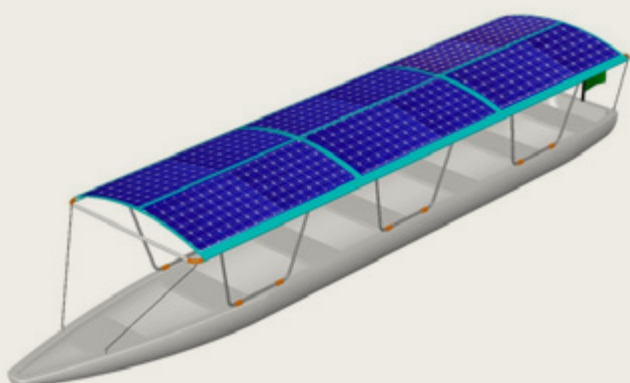
Detalhes construtivos do kit solar



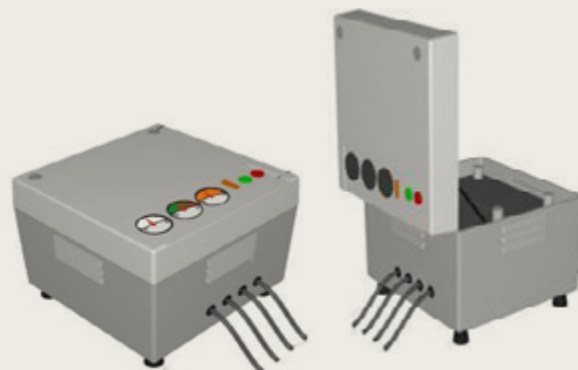
A. Esquema de montagem do teto solar



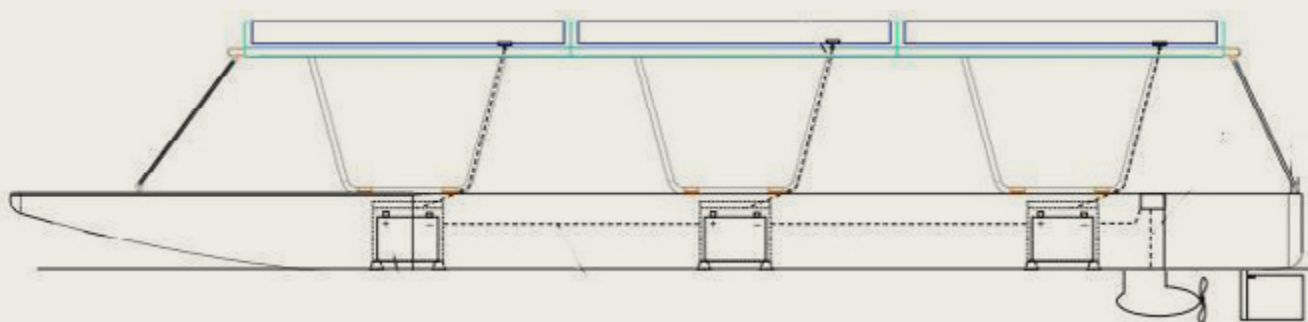
B. Teto solar montado



C. Teto solar agrupado em série



D. Ilustração da caixa de baterias



E. Vista lateral com desenho esquemático do teto solar e caixas de baterias

Fonte: Marcos Zanini e Fernando Cunha Lima (Designers), 2022.



## 6.2. Embarcação com energia solar

A seguir é apresentada uma análise de rotas e de viabilidade para diversos usos de voadeiras solares para travessias de rios de curto percurso, conforme visto na Figura 30, na qual a embarcação elétrica percorre pequenos trechos de rios. As rotas são avaliadas de acordo com local de carregamento das baterias e distâncias percorridas.

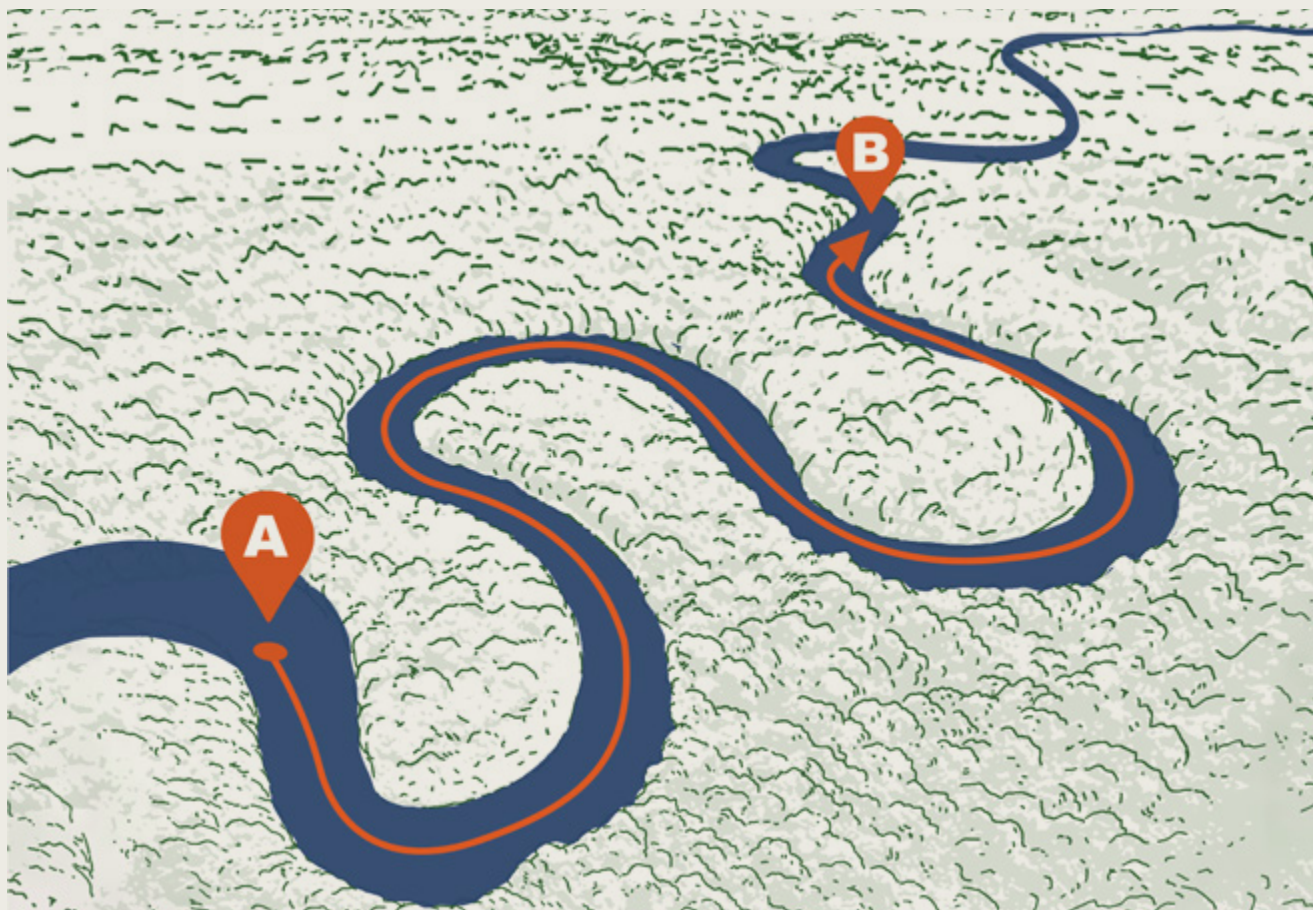
### 6.2.1. Embarcação leve para até seis pessoas

Nesta opção consideramos uma embarcação tipo voadeira, com um casco mais eficiente desenvolvido pela empresa Lamarca Engenharia, que se aproxima bastante das voadeiras existentes nos rios da Amazônia.

A ideia é simular barco com propulsão elétrica solar de pequeno porte, que é utilizada para travessias de rios e acesso a recarga em pelo menos um dos lados do rio (Ponto A ou B da Figura 42).

**FIGURA 43**  
Tipo de rota local  
de curta duração

Fonte da imagem:  
www.srzd.com.  
Adaptado pelos  
autores.



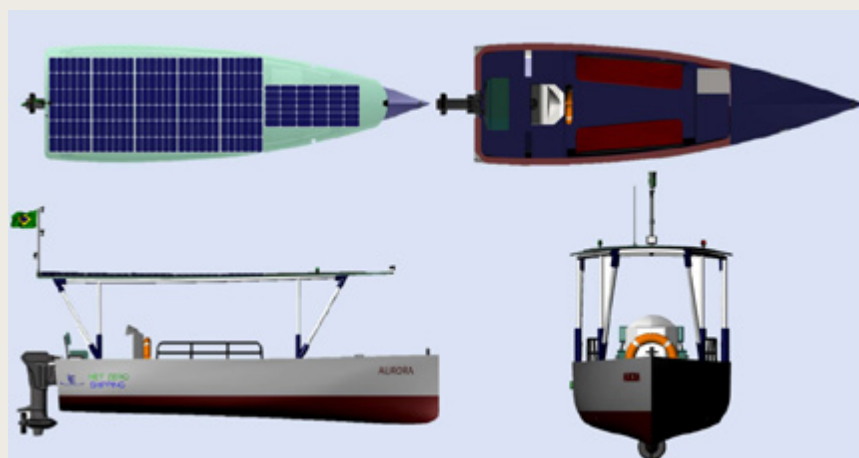


As características da embarcação solar consideradas neste exemplo são apresentadas na Tabela a seguir. Os dados são baseados em estudos considerando o modelo de barco monocasco batizado de Aurora.

**TABELA 21**

Monocasco – Projeto Aurora

Comprimento total	5,80 m
Boca moldada	1,8 m
Pontal moldado	1,00 m
Calado operacional	0,26 m
Passageiros	6
Tripulantes	1
Propulsão	10 kW
Vel. máxima	8 nós (14,82 km/h)
Vel. econômica	6 nós (11,11 km/h)
Painéis fotovoltaicos	6 X 170 Wp = 1,02 kWp
Equipe de projeto	Sergio Lamarca e Mariana Novaes



A seguir é apresentado o estudo de viabilidade do Projeto Aurora, em comparação com motores a combustível fóssil. Nota-se que o sistema solar não consegue gerar toda a energia necessária para acionamento do barco pelas oito horas de utilização diária.

Mas, em termos de emissões de GEE evitadas, cada litro de gasolina economizado reduz a emissão de cerca de 2,3 kg de CO<sub>2</sub>. Considerando o consumo de 40 litros por dia, as emissões totais de CO<sub>2</sub> são de 92 kg/dia (2,76 tonelada de CO<sub>2</sub> mensais) emitidos para atmosfera para cada barco de pequeno porte em operação.

TABELA 22

Comparativo de consumo e custo de energéticos

EMBARCAÇÃO TÍPICA			
	CONSUMO DE GASOLINA		
	Litros / hora	Custo (R\$/Litro)	Custo total (R\$)
Motor de popa a gasolina (15 Hp)	5	7	35
Consumo diário (8 h)	40	7	280
EMBARCAÇÃO SOLAR (AURORA)			
	CONSUMO ELETRICIDADE / HORA		
	kWh/h	Tarifa (R\$/kWh) *	Custo total (R\$)
Motor de popa elétrico (10 kW)	10	1,00	10,00
Consumo de energia elétrica (8 h)	80	0,5	40,00
Geração de energia no barco	kWp	kWh/m2.dia **	kWh/dia
	1,02	4,86	4,96
Autonomia com solar	Geração kWh/dia	Consumo/dia	Autonomia
	4,96	80	~ 30 minutos

\* Valor de referência para sistema conectado à rede (*on-grid*), pois para sistemas isolados (*off grid*) a energia é de fonte diesel e bem mais cara. O custo da geração solar foi considerado em 50% do valor da tarifa.

\*\* Média anual em Belém do Pará, conforme apresentado na Tabela 14.

No melhor cenário, de insolação plena, o gerador solar é capaz de fornecer pouco mais que 6% da energia diária demandada pelo motor elétrico (10 kWe) operando por oito horas por dia.

No entanto, essa não seria a realidade da maioria dos casos de viagens de curta duração na Amazônia, como no deslocamento de alunos e professores para escolas. Para efeito de análise, esse barco não poderia operar 100% com energia solar pura, sendo necessário instalar um banco de baterias que pudesse ter um carregamento complementar ao longo do percurso de oito horas.

Neste caso, existem duas alternativas: uma seria dimensionar o percurso para a autonomia do barco, que neste exemplo seria o equivalente ao consumo de 5 kWh de energia elétrica em rotas de pouco mais de 30 minutos de deslocamento. A segunda alternativa seria acoplar ao barco um banco de baterias que poderia fornecer a totalidade de 80 kWh por oito horas de operação ou, devido

ao peso de dimensões, uma bateria com menor autonomia, que necessitaria de uma recarga ao longo do percurso.

A existência de um banco de bateria, que já estaria carregado de véspera, aumentará a autonomia do barco no primeiro trecho da viagem. De qualquer forma, essa bateria dependerá de uma carga de energia de fonte existente em terra (um sistema híbrido solar com gerador diesel numa comunidade, centro urbano ou mesmo no barco com um gerador complementar).

Por exemplo, um banco de bateria de 10 kWh poderia triplicar o tempo de uso do barco no dia, considerando que 5 kWh já seria produzido pelo painel solar, pois o barco poderia utilizar a carga da bateria e, simultaneamente, energia solar gerada em tempo real, recarregando ou repondo a energia consumida das baterias quando o barco estiver exposto ao sol.

Assumindo uma disponibilidade energética (sempre melhor se for de fontes renováveis) no trajeto do barco, a análise comparativa da Tabela 28 confirma que projetos de barcos elétricos são viáveis quando comparados aos custos de consumo de combustíveis fósseis, mas os altos custos de investimento inicial são uma barreira a ser transposta. Considerando operação de oito horas por dia, o tempo de retorno do investimento é na ordem de 5,7 anos.

TABELA 23

### Análise de viabilidade do Projeto Aurora

<b>GASOLINA</b>	<b>Custo diário (8 horas)</b>	R\$ 280,00
	<b>Custo mensal</b>	R\$ 8.400,00
	<b>Custo anual</b>	R\$ 102.200,00
<b>ENERGIA ELÉTRICA</b>	<b>Custo diário (8 horas)</b>	R\$ 40,00
	<b>Custo mensal</b>	R\$ 1.200,00
	<b>Custo anual</b>	R\$ 14.600,00
<b>RESULTADO ANUAL (GASOLINA – ENERGIA ELÉTRICA)</b>		<b>R\$ 87.600,00</b>
<b>CAPEX ESTIMADO</b>		<b>R\$ 500.000,00</b>
<b>RETORNO DO INVESTIMENTO (ANOS)</b>		<b>5,71</b>

Fonte: Elaboração própria. Adaptado de Lamarca, 2022.

Se o investimento inicial (CAPEX) dobrar, o retorno do investimento se dará em mais de dez anos. Contudo, em ambos os casos, não foi considerada a inflação sobre os combustíveis, e isso com certeza irá reduzir o tempo de retorno do investimento.

Num projeto integrado, o investimento deverá considerar os equipamentos elétricos do barco e uma usina solar para gerar energia em terra (cerca de 80 kWh/dia), haja vista que a geração do barco não atenderia à demanda diária por mais de 30 minutos.

**Em muitas situações, em particular nas quais os percursos são mais curtos, a operação com energia solar será imbatível, pois será suficiente para atender ao consumo de energia de pequenas embarcações com bancos de baterias com energia suficiente para aquela rota específica.**

Assim, uma das principais questões para investimentos nos barcos elétricos é o custo elevado, o que reforça a necessidade de estruturas de financiamento mais inteligentes, com adoção de mobilidade elétrica pelo poder público em rotas que atendam às comunidades mais carentes, pois os custos operacionais são menores que embarcações com fonte fóssil.

Importante ressaltar que, para trechos curtos, em baixa velocidade e baixo consumo de energia, o banco de baterias poderá suprir energia para mais de uma hora de operação, utilizando, por exemplo, bateria de lítio de alto desempenho de 3,50 kWh disponíveis no mercado. Duas baterias fornecerão 7 kWh, suficiente para cerca de uma hora de operação do barco com apoio solar, quatro baterias forneceriam 14 kWh, e assim sucessivamente. O limite de baterias será o tamanho do barco e o peso delas, o que precisa ser avaliado caso a caso.

Em termos de emissões de carbono evitadas, a mobilidade elétrica é bem sustentável, pois cada litro de gasolina economizado reduz a emissão para a atmosfera de cerca de 2,3 kg de CO<sub>2</sub>. Considerando o consumo de 40 litros por dia, as emissões totais são de 92 kg/dia de CO<sub>2</sub> (2,76 toneladas de CO<sub>2</sub> mensais) para cada barco de pequeno porte operando nas condições estipuladas no exemplo acima.

### 6.2.2. Embarcação catamarã para até 50 pessoas

Nesta seção é analisado um barco multicasco catamarã, nomeado Carapeva. Esse é um barco de maior porte com propulsão elétrica solar para transporte de passageiros e cargas em travessias de rios ou rotas de até 15 km com acesso a recarga no próprio barco e nas comunidades ribeirinhas, conectando o barco numa usina de energia de geração local (em terra ou gerador a bordo) para uma carga completa do banco de baterias em momentos de maior consumo (maior tempo de uso). As características da embarcação elétrica solar são apresentadas na Tabela 24.

Diferente da análise do barco menor, seção 7.2.1, esse catamarã foi considerado para uma rota de menor distância, com menor tempo de deslocamento diário para efeito comparativo e didático. Nesse caso é perceptível que a geração de energia é bem maior que o consumo do barco durante as duas horas definidas para essa análise.

Um sistema solar de 10 kWp pode gerar cerca de 51 kWh/dia de energia, sendo essa a capacidade de recarga diária do banco de baterias. Qualquer carga adicional nesse banco de baterias será feita por uma fonte de geração de energia externa, que pode ser a solar fotovoltaica ou de origem fóssil (geradores a diesel / gasolina).

TABELA 24

Multicasco Catamarã – Carapevas

Comprimento total	14,00 m
Boca moldada	6,00 m
Pontal moldado	1,50 m
Calado operacional	0,80 m
Passageiros sentados	46
Cadeiras	2
Sobrepeso	2
Tripulantes	2
Propulsão elétrica	2 X 15 kW
Velocidade máxima	8,5 nós (15,74 km/h)
Velocidade econômica	7 nós (12,96 km/h)
Painéis fotovoltaicos	56 m <sup>2</sup> (62 X 170 W <sub>p</sub> = 10,54 kW <sub>p</sub> )



Fonte: Lamarca Engenharia, 2022.

A seguir é apresentado o estudo de viabilidade do Projeto Carapevas, em comparação com motores a combustível fóssil. Nota-se que, neste caso, o sistema solar consegue gerar toda a energia necessária (22 kWh) para acionamento do barco pelas duas horas de utilização diária. No fundo, como o gerador solar produz cerca de 51 kWh/dia, o barco poderá se deslocar por mais tempo somente com a geração solar pura.

No entanto, é importante notar que a geração solar é variável e oscila ao longo do dia e das estações. Logo, se não houver acumuladores de energia (baterias) instalados nos barcos, não será possível se deslocar com segurança ou até mesmo garantir as distâncias mínimas a serem percorridas diariamente.



TABELA 25

Comparativo de consumo e custo de energéticos

EMBARCAÇÃO TÍPICA			
	CONSUMO DE GASOLINA		
	Litros / hora	Custo (R\$/Litro)	Custo total (R\$)
Motor de popa a diesel (115 Hp)	7,5	5	37,50
Consumo (@2 h)	15	5	75,00
EMBARCAÇÃO SOLAR (AURORA)			
	CONSUMO ELETRICIDADE / HORA		
	kWh/h	Tarifa (R\$/kWh) *	Custo total (R\$)
Motor de popa elétrico (2 x 15 kW)	11	1,00	11,00
Consumo de energia elétrica (@2 h)	22	0,5	11,00
Geração de energia no barco	kWp	kWh/m2.dia **	kWh/dia
	10,54	4,86	51,23
Autonomia com solar	Geração kWh/dia	Consumo/dia	Autonomia
	51,23	22	2,32 dias

\* Valor de referência para sistema conectado à rede (*on-grid*), pois para sistemas isolados (*off grid*) a energia é de fonte diesel e bem mais cara. O custo da geração solar foi considerado em 50% do valor da tarifa.

\*\* Média anual em Belém do Pará, conforme apresentado na Tabela 14.

A autonomia no caso acima se refere à quantidade de dias em que o barco poderá funcionar exclusivamente com a oferta de energia solar, operando por duas horas por dia. Porém, a geração solar do barco permitirá o funcionamento por cerca de 4,64 horas por dia. Já a análise comparativa a seguir apresenta o consumo de diesel por oito horas por dia.

TABELA 26

Análise de viabilidade do Projeto Carapevas

<b>DIESEL</b>	Custo diário (8 horas)	R\$ 300,00
	Custo mensal	R\$ 9.000,00
	Custo anual	R\$ 109.500,00
<b>ENERGIA ELÉTRICA</b>	Custo diário (8 horas)	R\$ 44,00
	Custo mensal	R\$ 1.320,00
	Custo anual	R\$ 16.060,00
<b>RESULTADO ANUAL (DIESEL - ENERGIA ELÉTRICA)</b>		<b>R\$ 93.440,00</b>
<b>CAPEX ESTIMADO</b>		<b>R\$ 1.000.000,00</b>
<b>RETORNO DO INVESTIMENTO (ANOS)</b>		<b>10,7</b>

Em ambas as análises, não foram explorados os aspectos relacionados com as baterias, peça fundamental dos barcos elétricos. Isso foi proposital, para que o comparativo fosse baseado no tamanho do gerador solar e menos no tamanho do banco de baterias.

Certamente o banco de baterias aumenta significativamente a autonomia do barco, ao passo que permite deslocamentos mais longos e de forma mais segura e previsível. As baterias possuem, analogamente, a mesma função que o tanque dos barcos a combustível fóssil. Tanque cheio permite se deslocar por mais tempo. Bateria cheia, se vai mais longe, também.

Com relação às emissões de gases do efeito estufa, haverá uma economia de 2,62 kg/litro de óleo diesel, o que significa a redução diária de 157 kg/CO<sub>2</sub> por dia, cerca de 57,3 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano.

### 6.3. Projeto conceitual Comboios Sustentáveis Amazonas

Sistema de transporte aquaviário de carga de commodities na Bacia Amazônica, ecológico, de baixo impacto, baixo custo de aquisição e operação. É inovador pois permite o transporte de produtos utilizando a corrente dos rios amazônicos e usa sistema de motores e controladores elétricos para manter o comboio no curso.

Seria possível realizar o transporte de diversos produtos até portos e terminais fluviais capazes de receber navios de grande porte. É constituído de vários barcos conectados, que navegam junto na corrente natural do rio e, portanto, com mínimas tensões e mínimos estresses nas conexões entre um barco e outro.

O conceito foi uma concepção do designer Marco Zanini, e inclui comboios de barcos de carga infláveis que navegam na corrente natural dos rios amazônicos guiados por uma rede de sensores, tanto de posição, GPS, quanto de calado (sonar). São dirigidos por pequenos propulsores elétricos, alimentados a energia solar que mantém o comboio na rota ideal de máximo calado, afastado das beiradas e de obstáculos.

O baixo calado, a boca reduzida e a extraordinária dirigibilidade permitem que o sistema opere com segurança na maior parte do ano. Poderá navegar na maioria dos rios, onde outros sistemas, como comboios de balsas tradicionais, não poderiam operar. O fluxo de comboios, a rede de comunicação e o monitoramento na beira do rio asseguram a informação continuamente atualizada das condições de navegabilidade, condições climáticas e eventos inesperados.

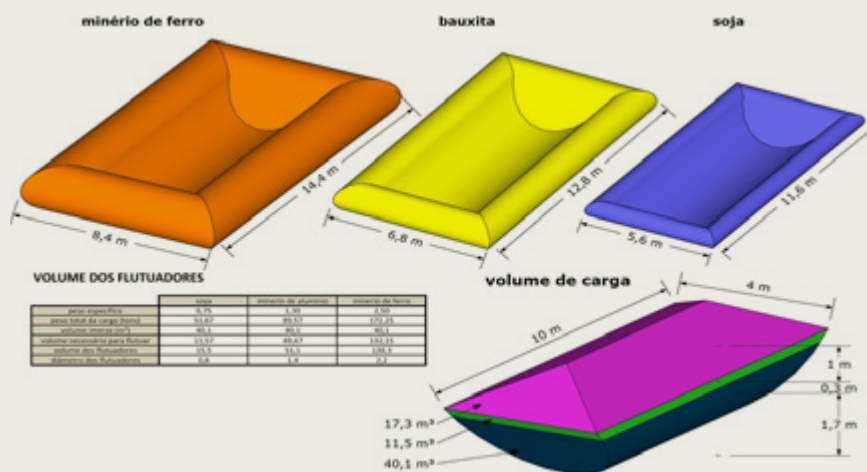
Na chegada, os barcos são descarregados, desinflados, desmontados e transportados de volta para a cabeceira do rio. Para o transporte de volta na cabeceira do rio, o comboio é desmontado e reduzido a um grupo de caixas padronizadas com os seguintes componentes: motores, timões e cabos, sistema de cobertura do barco e antenas e sensores

Os rolos dos barcos desinflados e os poucos elementos grandes que não podem ser desmontados, como as plantas solares com banco de baterias, podem ser carregados com um guindaste leve e cabem no deck de um pequeno barco rápido para a viagem de volta.

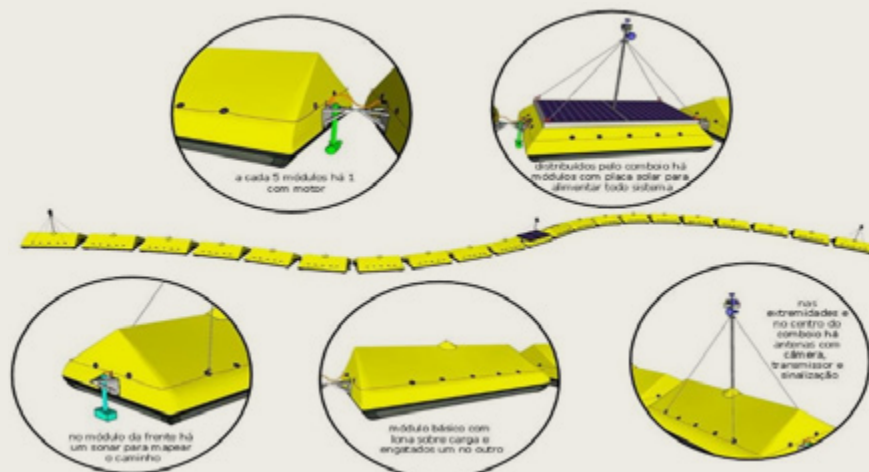
Apesar de ser um conceito inovador, a viabilidade é bastante elevada devido à simplicidade e ao relativo baixo custo frente ao valor da mercadoria sendo transportada. Contudo, toda inovação precisa ser testada antes de se tornar comercial. A energia para dirigibilidade é relativamente fácil de ser implementada, pois um sistema solar e banco de baterias modesto é capaz de suprir energia suficiente para o controle direcional (lateral), que demanda muito menos energia que um sistema utilizado para impulsionar o barco e a carga. Porém, a parte relativa ao posicionamento de GPS e sensores em terra podem ser um desafio num primeiro momento até serem completamente mapeados e calibrados.

TABELA 27

Design de transporte de carga sustentável



A. Balsa inflável com sistema de conexão e motor elétrico

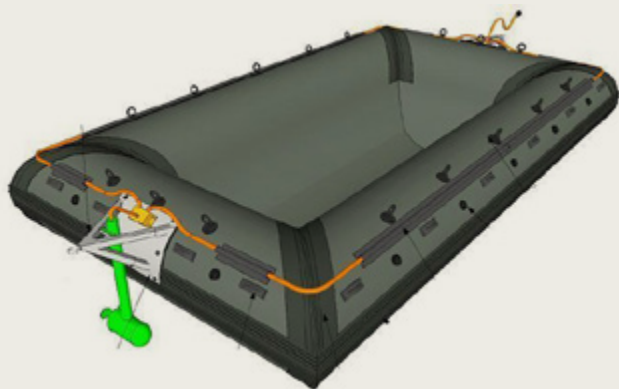


B. Grupo de balsas elétricas acopladas formando um comboio

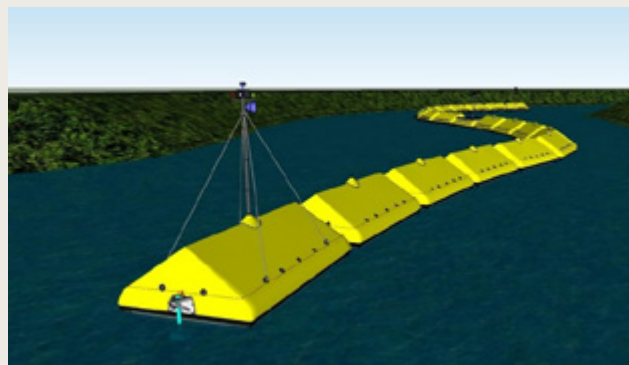
Fonte: Marco Zanini

TABELA 28

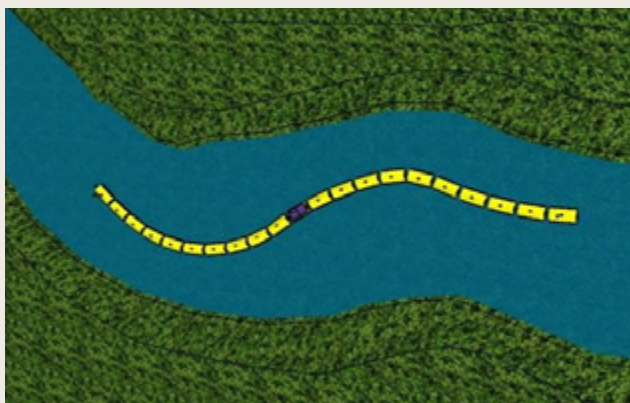
Design de transporte de carga sustentável



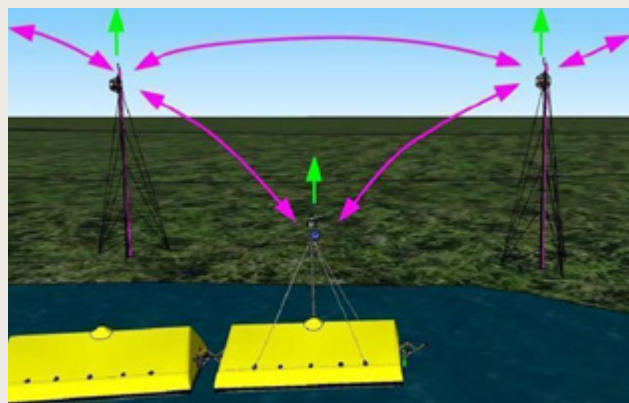
C. Sistema de montagem dos componentes elétricos



D. Comboio montado com capas de proteção



E. Forma adaptável ao trajeto do rio com motores de posicionamento por GPS



F. Antenas de transmissão de coordenadas, no barco e em terra

Fonte: Marco Zanini

## 7. Barco Solar ABGD

5. A carreta itinerante é constituída por uma carreta rodoviária, que dispõe de uma instalação solar fotovoltaica, e serve de sala de aula para capacitação sobre a tecnologia solar, seus usos e benefícios, modelo a ser replicado nas hidrovias da Amazônia. O projeto está no seu segundo ciclo desde 2021, e nesse período capacitou 4.762 pessoas, visitou 87 cidades e percorreu mais de 42.000 km. Da mesma forma, espera-se que o barco solar percorra muitas milhas náuticas na Amazônia e possa levar conteúdo para milhares de pessoas.

O projeto Barco Solar FV itinerante da ABGD foi motivado pelo sucesso do projeto “Carreta Solar FV itinerante<sup>5</sup>”, que serviu de base para o projeto na Amazônia Legal.

Esse projeto tem por objetivo fornecer informação e apoio para uma transição energética inclusiva em regiões remotas, levando em consideração os pilares da sustentabilidade: social, ambiental, econômica e cultural. Também serão consideradas as características e dimensões da retomada econômica, ocorrendo em processo global pós-pandemia, que inclui a Descarbonização, Descentralização, Digitalização, Desburocratização e Democratização, os “5 Ds”, com compartilhamento de resultados para a sociedade e reflexos nas políticas públicas para as energias renováveis, geração distribuída e mobilidade elétrica e/ou híbrida.

Os objetivos globais do projeto são:

Levar conhecimento e capacitação para regiões de difícil acesso.

Mostrar para a população a importância do uso de fontes renováveis e geração distribuída.

Apresentar as soluções existentes com fontes renováveis de energia, fornecedores e possibilidades de negócios.

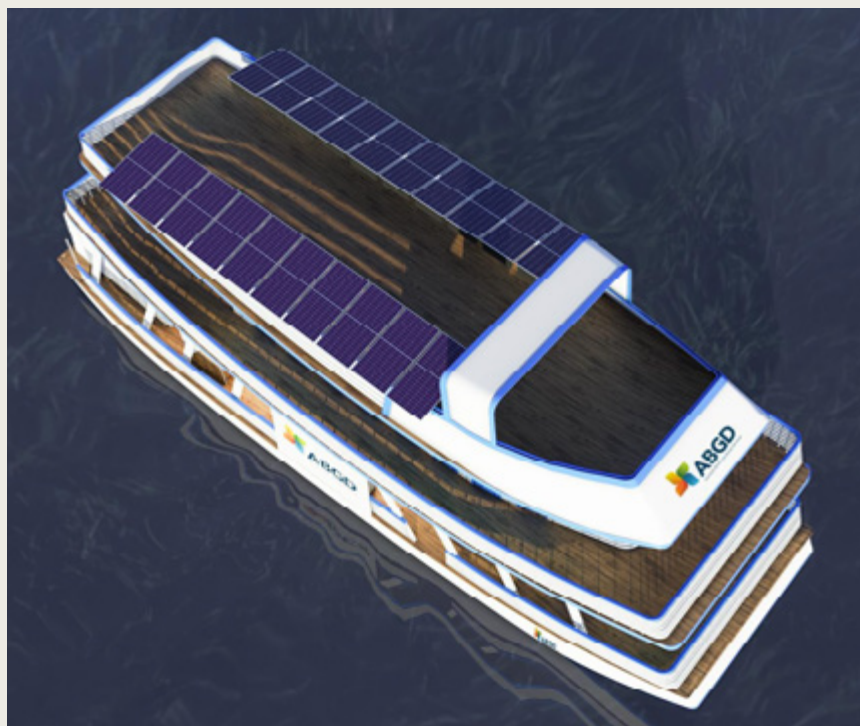


O Barco Solar FV itinerante da ABGD contará com infraestrutura para treinamento e capacitação (sala de aula, laboratório, show room com instalação didática etc.) e terá um programa de treinamento com metas de formação e capacitação de mais de mil pessoas, nas mais de cem comunidades ribeirinhas que serão visitadas na Amazônia Legal. Obviamente, a ação do barco será limitada, considerando o universo de comunidades tradicionais existentes, mas é esperado que esse projeto crie as condições para fomentar as políticas públicas regionais.

O barco contará com sistema de energia solar simulando uma residência alimentada com essa fonte, armazenamento de energia em bateria e uso dessa energia de forma sustentável e educativa.

Pelo porte do barco, num primeiro momento será difícil deixá-lo com acionamento completamente elétrico, como visto nos capítulos anteriores, porém, quando parado nas comunidades para treinamentos e atividades de capacitação, o barco será 100% eletrificado com sistema solar e banco de baterias. Desta forma não será utilizado combustível fóssil para manter os sistemas de iluminação e demais sistemas elétricos funcionando.





**FIGURA 44**  
Projeto de barco  
itinerante da ABGD.

Fonte: ABGD, 2021

Adicionalmente, a intenção é que o barco seja acoplado com um sistema de produção de hidrogênio sob demanda e funcionamento híbrido (bicomustível) para deslocamento intercomunitário de forma mais sustentável e mais econômico, pois o hidrogênio será responsável pela redução de emissões, acima de 60% dos particulados totais, e redução do consumo de diesel em até 20%.

O barco será equipado com sistemas de energia, sistema de monitoramento climático, monitoramento de qualidade de água, dentre outros sensores e instrumentação que fizerem sentido para o projeto e seus parceiros.

No contexto do que vem sendo tratado nesta publicação, o projeto a ser desenvolvido no barco ABGD deverá incluir informação de mobilidade elétrica no seu conteúdo programático, de treinamento e capacitação, podendo demonstrar diversas formas de adaptação de motores elétricos em voadeiras e barcos menores, assim como acoplar tecnologia para hibridizar barcos de maior porte, como geradores de energia e acoplamento de sistemas à base de hidrogênio, conforme visto anteriormente.

A exemplo do projeto da carreta solar itinerante, o Barco Escola da ABGD levará conteúdo didático sobre sistemas de energia solar, usando informações e exemplos compatíveis com as características e demandas das populações locais no interior da Amazônia Legal, que são geralmente sistemas energéticos com baterias e carregadores de cargas muito similares aos barcos elétricos em si.

**O programa de educação levará informações pertinentes e de acordo com a realidade local para promover a expansão das fontes renováveis de energia e seus benefícios socioeconômicos para as populações tradicionais.**

O barco solar da ABGD irá percorrer as calhas do Rio Amazonas e seus afluentes e, além do conteúdo didático, poderá prestar serviços para as comunidades, além de gerar dados socioeconômicos e ambientais que poderão ser base de dados para diversos estudos que agreguem valor para as sociedades locais e para conservação do bioma amazônico.

Um importante aspecto que esse barco pode gerar é a capacidade de levar e trazer informações pertinentes para os planos de eletrificação rural e programas de governo existentes na região Norte, e também apoiar a formulação e implantação de políticas públicas com vistas à conservação e à preservação do bioma da Amazônia, por meio de informações de qualidade e apoio a programa de geração de emprego e renda.

## 8. Políticas públicas e recomendações

De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla em inglês), as políticas têm grande influência no desenvolvimento da mobilidade elétrica. As abordagens de políticas para promover a implantação de veículos elétricos geralmente começam com uma declaração de visão de médio e longo prazo e um conjunto de metas estabelecidas pelo governo, preferencialmente em consulta com o setor produtivo e a sociedade civil organizada.

Por exemplo, a meta conjunta da União Europeia (UE) era ter entre 8 e 9 milhões de veículos elétricos em circulação até 2020, cerca de 3% da frota total projetada. França, Alemanha e Holanda, por exemplo, têm metas de 2 milhões, 1 milhão e 200 mil veículos, respectivamente (McKinsey & Company, 2014). As novas metas divulgadas da Comunidade Europeia (CE) são de redução de 55% de suas emissões até 2030, em comparação com o ano de 2021, e se tornarem livres de emissões de carbono cinco anos depois (2035).

Contudo, as metas foram definitivamente revistas, principalmente frente aos acontecimentos decorridos da guerra no Leste Europeu, que contribuíram largamente para o surgimento de uma crise energética em toda a Europa, por serem dependentes dos combustíveis fósseis russos. Esse tema foi confirmado pelo presidente da ABVE no *webinar*, “Veículos Elétricos e Economia de Carbono Zero”, promovido pelo Grupo de Excelência em Negócios de Energia (GENE), do Conselho Regional de Administração de São Paulo (CRASP), em 2022<sup>6</sup>.

6. Disponível no canal do YouTube no link a seguir:  
<https://www.youtube.com/live/bW2bRnduy-w?feature=share>



**Segundo a ABVE, todas as metas estão sendo revistas, e a maioria esmagadora dos países na Europa já estipularam prazos limites para venda de veículos a combustão até o ano de 2040,**

e têm propostas de políticas públicas para banir a venda de carros a combustão da Europa até 2035. Em vista dos avanços tecnológicos dos últimos anos, aliado à urgência em reduzir as emissões globais de GEE, a mobilidade elétrica tem avançado acima das metas iniciais. De acordo com a ABVE, o setor cresceu quase o dobro do projetado, e segue em crescimento exponencial. Os EUA têm meta de pelo menos 50% de veículos elétricos em sua frota até 2050. Já o estado da Califórnia quer antecipar: 100% de veículos elétricos em 2035. A EIA no seu relatório (Outlook 21) pontua o crescimento do mercado de VE em 41%, enquanto o mercado de veículos convencionais encolheu 14%.

Um passo inicial importante para atingimento das metas é a adoção de veículos elétricos pelo próprio governo e a criação de padrões de carregamento para disseminar modelos de carregamento distribuídos, de preferência que utilizem fontes renováveis e de geração distribuída, dentre muitas outras iniciativas que serão melhor apresentadas a seguir.

**No caso da Amazônia, o uso de embarcações para transporte de pessoal, serviços públicos de saúde (barco hospital), ecoturismo, dentre outros, são oportunidades que devem ser avaliadas pelos governos e setor privado para fomentar a mobilidade elétrica fluvial.**

Adicionalmente, o Estado deve gerar incentivos econômicos e medidas regulatórias, que são frequentemente associadas a outras políticas públicas de saúde, industrial, climática etc., que aumentam a proposta de valor da mobilidade elétrica. As medidas que fornecem incentivos cruciais para aumentar a disponibilidade de veículos, neste sentido, sempre reforçando que é incluído o “veículo” naval, com baixas emissões ou zero emissão, incluem incentivar a substituição e a economia de combustível fóssil e aumentar a ambição de programas de compras públicas. Portanto, no caso da região Norte, os barcos são parte fundamental da mobilidade elétrica, em conjunto com veículos, bicicletas etc.

Tais políticas muitas vezes visam aproveitar os múltiplos benefícios decorrentes da redução das emissões locais de poluentes e GEE e uma maior eletrificação dos transportes, com

destaque para a diversificação energética em um setor que é 90% dependente de derivados de petróleo. Neste caso, para o transporte rodoviário. Mas no caso do transporte aquaviário, quase 100% da energia utilizada em barcos na Amazônia é de fonte fóssil (diesel, gasolina e gás GLP), exceto as canoas a remo.

A IEA ainda aponta para medidas regulamentares relacionadas com a infraestrutura de carregamento, que incluem requisitos mínimos para garantir a “prontidão para mobilidade elétrica”, a implantação de carregadores acessíveis ao público nas cidades e nas redes rodoviárias, que deveria ser estendida para hidroviárias no caso particular da região Norte. Pontos que por si só já são demasiadamente complexos nas cidades, e que representarão um desafio maior ainda nas hidrovias da Amazônia. Como exemplo de política, cita-se o Plano Biden (EUA), que prevê investimento de US\$ 621 bilhões para infraestrutura elétrica e outros US\$ 480 bilhões para pesquisa e desenvolvimento (P&D) em todas as áreas de inovação para economia de baixo carbono.

Na China, as políticas públicas seguiram medidas parecidas, que contaram com apoio maciço do governo:

- **Subsídio de compra e incentivos fiscais**

---

- **Compras governamentais**

---

- **Medidas regulatórias e incentivos**

---

- **Promoção da infraestrutura de recarga**

---

- **Autonomia dada os governos locais**

---

- **Incentivos não financeiros (estacionamentos com recarga)**

---

- **Fomento a novos parques produtivos (política industrial)**

Essas são medidas que tornaram a China o maior produtor, consumidor e usuário de veículos elétricos do mundo. É importante ressaltar que o foco tem sido nas políticas para veículos elétricos, mas a semelhança na cadeia produtiva e na utilização de equipamentos e matérias para barcos elétricos é inevitável.



Em algumas capitais brasileiras, os governos locais já estão realizando esforços políticos no sentido de implantar tecnologias de baixa emissão de GEE. A Política Municipal de Mudança do Clima de São Paulo, por exemplo, traçou metas de redução das emissões, incluindo a do uso de combustíveis fósseis no transporte público, como uma das formas de mitigação dessas emissões. A cidade de São Paulo possui regulamentação de acordo com a Lei do Clima (16802/2018), que prevê reduções de emissões com a retirada de combustíveis fósseis dos ônibus urbanos até 2028.

Também estão em curso a iniciativa de eletrificação do BRT em Salvador e o projeto piloto de ônibus elétricos em Belo Horizonte, dentre outras. Os governos locais da região Norte deverão pensar em medidas semelhantes para a mobilidade elétrica aquaviária.

7. Financiamento, por intermédio de instituições financeiras credenciadas, para produção e aquisição de máquinas, equipamentos e bens de informática e automação, e bens industrializados a serem empregados no exercício da atividade econômica do cliente.  
<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finame-todos>



Recentemente, o BNDES criou linhas de crédito exclusivas para mobilidade elétrica, com taxas de juros reduzidas. Contudo, o foco são carros elétricos e não há uma referência específica para barcos. Caberia uma ação dos governos do Norte nessa articulação, que certamente seria de interesse do BNDES. Para apoiar a introdução dos veículos elétricos no país, o banco dispõe de diversos instrumentos para pronta aplicação. As linhas abrangem desde o desenvolvimento tecnológico até a implantação de linha produtiva (pequenas, médias e grandes empresas), e instrumentos voltados ao apoio à implantação de infraestrutura e de serviços.

Como exemplo, a aquisição de ônibus elétricos para sistemas integrados de transporte urbano, via BNDES Finame<sup>7</sup>, tem condições diferenciadas de prazo. Nessa mesma linha, governos estaduais e municipais poderiam fomentar maior participação do setor privado e apoiar a captação de investimentos junto ao BNDES e outros fundos para transporte aquaviário, especialmente de curta distância, por meio de barcos elétricos. Um exemplo seriam parcerias nos transportes escolares e pessoal de saúde.

Parte importante da política pública que pode ser ampliada pelos governos regionais é a redução de impostos e taxações, a exemplo do Governo do Estado de São Paulo, que anunciou a redução da alíquota do ICMS a partir de 1º de janeiro de 2022. O imposto sobre a venda de ônibus, caminhões e

carros elétricos e híbridos foi reduzido de 18% para 14,5%. No entanto, ainda hoje, carros convencionais a combustão interna são menos taxados que os carros elétricos.

Alguns governos estaduais dão isenção (por exemplo, CE, MA, PE, PI, RN, RS e SE) ou redução (por exemplo, MS, RJ e SP) do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS) (por exemplo, RJ) a veículos elétricos. No entanto, é desejável que as políticas de estímulo da demanda, as políticas de compras públicas ou descontos em impostos e taxas, dentre outras, sejam mais agressivas que as existentes.

Recentemente foi aprovado o Projeto de Lei 5308/20 que isenta do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) as importações e as saídas de veículos elétricos ou híbridos. O texto também reduz a zero as alíquotas do PIS/Pasep e COFINS incidentes na importação e sobre a receita bruta de venda no mercado interno desses veículos. São avanços modestos no fomento da mobilidade elétrica, mas muito ainda precisa ser feito.

No caso do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), os veículos elétricos são enquadrados na categoria “outros”, sobre a qual incide a alíquota mais elevada. Um automóvel elétrico, por exemplo, tem alíquota de 25%. Entretanto, há várias medidas isoladas em curso no país. As de maior destaque são a criação de um grupo de trabalho liderado pelo Ministério da Fazenda e um acordo assinado entre a prefeitura de São Paulo e o grupo Renault-Nissan. Em março de 2022, o Senado Federal aprovou a criação da Frente Parlamentar Mista pela Eletromobilidade, a partir do Projeto de Resolução (PRS) 64/2021<sup>8</sup>, de autoria do senador Rodrigo Cunha (PSDB-AL).

8. <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/150823>



A criação da Frente, que reúne senadores e deputados federais, é uma bandeira defendida há vários anos pela Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE), pois sinaliza que o Congresso Nacional está se integrando ao debate mundial sobre transportes e energias renováveis com foco na eletromobilidade, que é uma das grandes fronteiras tecnológicas da economia mundial.

Diversos governos locais vêm estudando metas de adoção de veículos elétricos, reforçando o compromisso de reduzir o consumo de combustíveis fósseis e de acelerar a difusão da tecnologia elétrica e diminuir as emissões de gases do efeito estufa em centros urbanos bastante adensados. Assim, as rotas para políticas públicas que poderiam fomentar a mobilidade elétrica, em particular na Amazônia Legal, onde os desafios estruturais são ainda maiores, passam por políticas para redução das emissões de GEE do setor de transportes e redução de custo de transporte para usuários finais, aliado a metas de desenvolvimento sustentável regional.

**Existem iniciativas de diferentes naturezas ao redor do mundo para reduzir a emissão de GEE relacionada ao setor de transportes, como metas de eficiência energética, estímulos à ampliação do uso de biocombustíveis, além da mudança para novas tecnologias de transporte, como veículos elétricos e híbridos. Cabe aos governos da Amazônia Legal estimularem essas iniciativas que serão transformadoras para a região.**

Nesse momento de transição energética, os incentivos são essenciais para acelerar a penetração de veículos elétricos, e tais incentivos deveriam ser estendidos às embarcações elétricas. Além de não gozarem de economias de escala, os veículos e barcos elétricos enfrentam elevados custos de componentes, com as baterias, desconfiança dos consumidores, carência de infraestrutura de recarga, somados à prestação de serviços carentes, dentre outras barreiras que são passíveis de mitigação com políticas direcionadas, desenvolvimento industrial, capacitação e treinamento, dentre outras iniciativas.

## 8.1. Ações prioritárias para políticas públicas

Pelo exposto acima, há basicamente seis tipos de ações governamentais de incentivo à difusão de veículos elétricos que deveriam ser foco das políticas públicas em todos os níveis governamentais para os barcos elétricos. Essas ações são visíveis em todas as políticas que obtiveram sucesso:

**A. Incentivar compras públicas**

---

**B. Bônus aos compradores de veículos/barcos elétricos**

---

**C. Descontos em tributos e incentivos**

---

**D. Adoção de restrições à utilização de veículos convencionais**

---

**E. Auxílio à pesquisa e desenvolvimento (P&D)**

---

**F. Apoio na implantação de infraestrutura**

Estes são os tipos de apoio que recentemente foram fortalecidos, quando diversos países aproveitaram os pacotes de benefícios introduzidos durante a crise econômica mundial para promover os veículos híbridos e elétricos. Sendo que o uso de descontos nos tributos tem sido uma das vias mais utilizadas globalmente. O auxílio à pesquisa, tanto pública quanto privada, também tem sido apoiada pelos governos.

Os Estados Unidos até agora investiram mais de US\$ 2,4 bilhões para P&D de veículos e baterias, mas, como citado, o Plano Biden deverá injetar 200 vezes mais recursos nos próximos anos. O Reino Unido também tem financiado pesquisas voltadas para o desenvolvimento de veículos de baixa emissão de carbono, nos quais o veículo elétrico tem papel importante.

**Por fim, os governos locais têm papel central no estímulo à implantação de infraestrutura de recarga para os veículos elétricos.**

Há países de menor extensão territorial, como Israel e Japão, que têm implantado postos de recarga rápida em todo o território. O Reino Unido pretende instalar postos de recarga por meio da concessão dos serviços, com o uso de financiamento público parcial de até 50% do custo.

A Tabela 29 resume as principais iniciativas de incentivo à difusão do veículo elétrico no mundo. No Brasil, até o presente momento, os veículos elétricos não recebem tratamento tão diferenciado a ponto de torná-los mais competitivos, embora algumas medidas estejam em estudo e recentemente alguns avanços tenham sido reportados, como visto acima.

TABELA 29

### Síntese de alguns incentivos para carros elétricos

PAIS / REGIÃO	RESUMO DOS PRINCIPAIS INCENTIVOS
EUA	Bônus para consumidores de até U\$ 7.500,00 e mais de U\$ 2,4 bilhões em P&D de veículos e baterias. Diversas ações estaduais, em especial na Califórnia. Novos incentivos irão surgir com o IRA (Inflation Reduction Act) do presidente Biden.
China	Bônus para consumidores de até 60 mil iuanes (U\$ 8.780,00) e plano de instalação de pontos de recarga nas principais cidades.
Reino Unido	Bônus para consumidores de até 5 mil libras esterlinas (U\$ 6.530,00).
União Europeia	15 países oferecem incentivos monetários aos consumidores de carros elétricos.
Outros países	Israel, Canadá, Japão etc. fornecem incentivos.

Fonte: BNDES. Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades

Por causa da relevância do tema, o apoio governamental ao veículo elétrico no Brasil será alvo de seção específica. A eletrificação veicular é uma alternativa promissora que não irá eliminar a busca por combustíveis alternativos ao petróleo, mesmo no atual cenário de crise global do petróleo por conta dos acontecimentos no Leste Europeu e impactos no abastecimento de combustíveis fósseis oriundos da Rússia. Além de alimentarem a frota movida a motores a combustão, os combustíveis fósseis poderão ter espaço nos modelos híbridos, em máquinas estacionárias e na

geração de energia elétrica, como a hibridização com hidrogênio em motores a diesel ou a conversão de motores a gás natural.

**Portanto, no estágio atual de desenvolvimento de tecnologia, as ações do setor público são fundamentais para determinar a velocidade de penetração dos veículos elétricos nos próximos anos.**

Além de estipular padrões para emissões veiculares, o setor público dispõe de fundos para o financiamento de pesquisas, de instituições financeiras e de instrumentos de política econômica (determinação das alíquotas dos tributos, por exemplo), o que lhe permite construir políticas setoriais abrangentes e efetivas.

## **8.2. Investimentos na mobilidade elétrica para o Brasil**

O Brasil já dispõe de algumas ações de apoio à pesquisa para o “Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente”, chamada de Projeto de P&D Estratégico n. 22/2018, com o objetivo de “orientar as empresas para que apresentassem soluções a problemas atuais ou futuros, considerando a inserção dessas soluções no mercado, sejam elas na forma de produto ou serviços”. (Castro, D., 2020)

Desde o início, o volume de investimento foi sempre muito baixo comparado aos estudos realizados nos países mais desenvolvidos. Em março de 2010, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) anunciou a formação de uma rede temática de pesquisa de tópicos relacionados ao veículo elétrico no âmbito do Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec). Os investimentos nessa rede foram orçados em R\$ 10 milhões, com o objetivo de desenvolver e aperfeiçoar matérias-primas e materiais aplicáveis à cadeia produtiva dos veículos elétricos, modernizar o abastecimento do veículo com energia externa, desenvolver sistemas embarcados de conversão de energia, melhorar os motores elétricos e seus componentes.

Segundo o MCTI (2010), o Sibratec é um instrumento que promove a articulação e a aproximação da comunidade científica e tecnológica com as empresas nacionais. Por sua



vez, as redes temáticas de centros de inovação (um dos três eixos que compõem o Sibratec) têm como objetivo gerar e transformar conhecimentos científicos e tecnológicos em produtos, processos e protótipos com viabilidade comercial.

No âmbito desse programa de P&D, destacam-se dois projetos ligados ao desenvolvimento de veículos. O primeiro trata de um projeto de ônibus de célula a combustível hidrogênio para transporte urbano no Brasil desenvolvido por um consórcio formado pela Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo S.A. (EMTU/SP), o Ministério de Minas e Energia (MME), o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), a financiadora *Global Environment Facility* (GEF), EPRI International, Finep e as empresas Eletropaulo, *Ballard Power Systems*, Marcopolo, *Hydrogenics Corporation*, *Nucellsys*, BR Distribuidora e TuttoTrasporti [Zundt (2008) e Oliveira (2009)]. O total investido na época foi de R\$ 38 milhões, sendo R\$ 22 milhões oriundos do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), R\$ 8 milhões da MME/Finep, R\$ 3 milhões da EMTU/SP e o restante do setor privado. O outro projeto trata do desenvolvimento de ônibus elétrico híbrido a hidrogênio pela COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, em parceria com a Petrobras, a Caio-Induscar, a Eletra e o Lactec. O projeto, protagonizado pelo Laboratório de Hidrogênio, contou com financiamento de R\$ 3 milhões da Finep.

Estima-se que os investimentos nos anos seguintes na área de hidrogênio e células a combustível, incluindo aplicações não veiculares, somaram R\$ 112 milhões, sendo a maior parte em recursos de instituições ligadas ao governo federal (Finep, CNPq, Aneel e Petrobras) e ao governo do Estado de São Paulo (Fapesp e EMTU/SP). O restante foi oriundo de organismos internacionais e empresas privadas.

Na parte de baterias, segundo o MCTI, há uma rede de pesquisa e desenvolvimento em baterias de alta capacidade em formação no Brasil. Foi anunciada também a concessão de um financiamento da Finep de R\$ 30 milhões para a Itaipu Binacional, com o objetivo de desenvolver um similar nacional das baterias Zebra para o carro elétrico.

Em agosto de 2010, a Finep lançou uma seleção pública de projetos empresariais para financiamento de produtos, processos e serviços inovadores por meio de subvenção econômica. Um dos temas era destinado ao desenvolvimento de sistemas de tração elétrica, baterias e capacitores aplicados a veículos elétricos automotores, inclusive em versão híbrida. Os valores solicitados pelas empresas para projetos de até três anos poderiam variar entre R\$ 500 mil e R\$ 10 milhões, dentro do orçamento total de R\$ 90 milhões, que incluía outros temas.

**A relevância do tema, apesar desses projetos terem acontecido há mais de dez anos, são as iniciativas junto às universidades e o potencial disso se transformar em desenvolvimento tecnológico nacional.**

Além do incentivo à pesquisa, a montagem de veículos elétricos de três ou quatro rodas para circulação em ambientes restritos tem Processo Produtivo Básico (PPB) aprovado para industrialização na Zona Franca de Manaus desde maio de 2009, o que permite às empresas fazer uso dos benefícios fiscais da região, contribuindo para a criação de capacitação fabril no país. Esse exemplo sinaliza que já existe em Manaus uma capacidade institucional para fazer frente às demandas da mobilidade elétrica aquática há mais de uma década, mas não se tem muita notícia de que isso de fato gerou e/ou agregou valor às iniciativas de mobilidade elétrica naval.

Principal provedor de crédito de longo prazo e agente relevante no mercado de capitais brasileiro, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) desempenha papel de destaque na introdução dos veículos elétricos no Brasil. Um paralelo pode ser traçado com a atuação do banco no apoio aos combustíveis alternativos. No campo industrial, o BNDES financiou o desenvolvimento do sistema *flex fuel* à implantação de linhas de montagem dos modelos que incorporaram essa tecnologia. Semelhante a essas ações, há uma constante busca para se identificar oportunidades nas quais o BNDES já disponibiliza diversos instrumentos para pronta aplicação no desenvolvimento da indústria nacional, visando apoiar o desenvolvimento tanto da tecnologia quanto do mercado de veículos elétricos no país.

As linhas de financiamento abrangem desde a etapa de desenvolvimento tecnológico até a implantação de linha produtiva, considerando pequenas, médias e grandes empresas, além de instrumentos voltados ao apoio à implantação de infraestrutura e de serviços. Como exemplo, a aquisição de ônibus elétricos para sistemas integrados de transporte urbano, via BNDES Finame, tem condições diferenciadas de prazo. Além dos pesados investimentos em desenvolvimento tecnológico e implantação de unidades produtivas, são esperadas operações de consolidação de empresas e entrada de novos agentes de mercado, que eventualmente poderão contar com a participação da instituição.

O livro “Programa de P&D da ANEEL: avaliação & perspectivas” (Nivalde et al, 2018) sistematiza e sintetiza os principais resultados da pesquisa financiados pela agência reguladora, e conclui que a “mobilidade elétrica no Brasil é ainda incipiente, dada a priorização histórica de políticas para transporte rodoviário de cargas e pessoas calcadas nos combustíveis fósseis.”

A Chamada de Projeto de P&D Estratégico no 022/2018 intitulou-se “Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente” e possuía o objetivo de orientar as empresas para que apresentassem soluções a problemas atuais ou futuros, considerando a inserção dessas soluções no mercado, fossem elas na forma de produto ou serviços. A Chamada de P&D foi composta por 38 projetos em todo país, com cerca de 1.200 pesquisadores, em um volume de recursos da ordem de R\$ 600 milhões, sendo R\$ 100 milhões em contrapartida de recursos externos ao programa. Nota-se o aumento expressivo em investimentos desde os primeiros aportes públicos para P&D nos anos 2010, onde a ordem de grandeza era de pouco mais de 10 milhões.

Atualmente existem 32 projetos, que somam cerca de R\$ 473 milhões em investimento, para os próximos quatro anos, contados a partir de 2018. Contudo, os valores investidos não se aproximam do investimento realizado pelos países desenvolvidos, que chega à ordem de bilhões.

### 8.3. Efeito das políticas públicas na cadeia de valor

A importância do P&D no desenvolvimento e verticalização das cadeias de valor é sem dúvida fundamental para apoiar as políticas públicas, e vice-versa. As transformações derivadas da eletrificação veicular afetam todo o setor automotivo e atingem da cadeia produtiva de peças e equipamentos aos provedores de serviços dedicados, o que representará uma reestruturação setorial em grande escala, inclusive na indústria naval, como citado mais adiante. As modificações na base tecnológica demandarão esforços das empresas existentes na constituição de capacitação.

A indústria de baterias, por exemplo, é fortemente relacionada ao setor de serviços de informação, constituído por tecnologia (TI), mídia e telecomunicações. Na indústria, as mudanças estão relacionadas aos novos componentes. Apesar de sua permanência nas configurações híbridas, o motor a combustão tende a ser relegado à função auxiliar, como um gerador de energia para carregar a bateria (a bordo ou em solo). Assim, o sistema denominado *powertrain*, composto pelo motor a combustão e pela transmissão, será substituído por um novo sistema, com motor elétrico, inversor e bateria. Analogamente, é o que também acontece com as embarcações elétricas.

A energia acumulada na bateria, utilizada nos veículos tradicionais para partida do automóvel e para os itens de eletrônica embarcada (injeção eletrônica, ABS, *airbag*, trio elétrico, ar-condicionado, alarme etc.), agora terá de alimentar o motor de tração, exercendo função realizada pelo tanque de combustível nos modelos convencionais.

**No atual estágio tecnológico, a bateria representa o principal desafio da mobilidade elétrica, junto ao aumento da eficiência energética em todos os componentes do barco. O padrão íon-lítio é a grande aposta da indústria para os próximos anos, mas ainda apresenta diversos contratempos relacionados a peso, custo e segurança. Por essa razão, é importante que o desenvolvimento tecnológico e as inovações, que têm acelerado nas últimas décadas, sejam parte de políticas industriais bem definidas.**

Por ser um componente crítico determinante para a autonomia e o custo do final do veículo elétrico, muitas montadoras vêm investindo fortemente no produto, inclusive por meio de parcerias estratégicas com empresas do setor. As baterias do Toyota Prius são da Panasonic, enquanto as do GM Volt são da CPI, uma subsidiária da LG, dentre outras.

No rearranjo da cadeia de valor, vão surgir oportunidades para novos entrantes, sendo necessário ampliar os esforços das empresas do setor no desenvolvimento de mão de obra cada vez mais qualificada. O sucesso das empresas BYD e Tesla ilustram essa possibilidade. Ambas se relacionam a empresas tradicionais do setor automotivo, como Toyota e Daimler. Além das mudanças enfrentadas na cadeia produtiva, o setor de serviços auxiliares também sofrerá modificações consideráveis.

No setor de serviços, o campo mais promissor está relacionado ao fornecimento de energia para o veículo: atualmente os serviços são realizados por meio de postos de venda de combustíveis fósseis. À medida que a principal fonte de alimentação passa a ser a energia elétrica, modelos alternativos de alimentação energética serão desenvolvidos e novos negócios de serviços energéticos serão criados. A transformação parcial dos atuais postos em eletropostos é uma das alternativas, na qual as bombas de combustíveis coexistiram com os carregadores de VE. Nesse caso, é bem provável que os custos desses serviços passem a ser menores, uma vez que parte da estrutura existente seria aproveitada e que a energia elétrica gerada localmente por fontes renováveis de energia seria mais barata que a energia gerada pelos combustíveis fósseis.

No Brasil, a partir do Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (Inovar-Auto), metas de eficiência energética passaram a ser exigidas pelo Inovar-Auto como critério de habilitação da empresa no Novo Regime Automotivo. A meta, expressa em consumo energético (MJ/km) e que segue a norma ABNT NBR 7024:2010 (em conformidade com a norma dos EUA), deverá ser cumprida. Uma política pública semelhante para barcos elétricos deverá ser pensada para que as oportunidades de negócios e adensamento dessa cadeia de valor possa ser uma realidade no Brasil, particularmente na região Norte.




O potencial de desenvolvimento tecnológico e da indústria de barcos elétricos para a região Norte e demais estados do Brasil é imenso. A premissa que poderia ser utilizada pelos governos nas diversas esferas pode ser o desenvolvimento de uma cadeia produtiva em território nacional. Para tanto, é necessário desenvolver padrões e exigências mínimas de conteúdo nacional para equipamentos e componentes, somados a políticas fiscais para incentivo à produção local, políticas industriais, um conjunto de medidas estratégicas de forma coordenada e planejada.

No momento em que essa publicação for de fato finalizada e disponibilizada, muitos avanços tecnológicos, novos programas de governo e arranjos institucionais deverão ter acontecido, avançado, ampliado e/ou modificado.

Na essência, programas públicos de fomento ao desenvolvimento de mercado e de uma nova cadeia produtiva é uma condição quase que imprescindível para se atingir os objetivos desejados. Na mobilidade elétrica fluvial, não será diferente. Recapitulando, o governo precisa incentivar compras públicas, garantir descontos em tributos e incentivos, auxílio à pesquisa e desenvolvimento (P&D) e apoio na implantação de infraestrutura. Desta forma será possível criar condições perpétuas para um novo mercado em linha com a economia global de baixo carbono.



## 9. Referências

-  ABVE, Associação Brasileira do Veículo Elétrico. 2010. Disponível em: [www.abve.org.br](http://www.abve.org.br)
- ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). RN 493: Estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por meio de Microsistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica – MIGDI ou Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente – SIGFI. 2012.
- ANEEL. Programa de P&D da ANEEL: avaliação & perspectivas. Organizadores: Nivalde José de Castro, José Eduardo Cassiolato, Renata Lèbre La Rovere, Marcelo Pessoa de Matos, [et. al.] – Rio de Janeiro: Publit, 2020.
- ANTAQ (Agência Nacional de Transportes Aquaviários). Caracterização da oferta e da demanda do transporte fluvial de passageiros da região amazônica. – Brasília: ANTAQ, 2013.
- ARSEPAM - Agência Reguladora dos Serviços Públicos Delegados e Contratados do Estado do Amazonas. Características do Transporte Hidroviário no Amazonas. Disponível em: <http://www.arsepam.am.gov.br/transporte-hidroviario-intermunicipal-de-passageiros/>. Acesso em 25 de fevereiro de 2022.
-  BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social). Veículos elétricos: um mercado em ascensão. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/veiculos-eletricos>. Acesso em 27 de fevereiro de 2022.
- BNDES. Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1764/2/BS%2032%20Ve%3%adculos%20el%3%a9tricos%20aspectos%20b%3%a1sicos%2c%20perspectivas\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1764/2/BS%2032%20Ve%3%adculos%20el%3%a9tricos%20aspectos%20b%3%a1sicos%2c%20perspectivas_P.pdf). Acesso em: 10 de mar de 2022.
-  CARVALHO, Mayara Pinho. “Os barcos de linha como meio de transporte no trecho Manaus/Tabatinga”. Manaus: UEA, 2013. 62p. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Estadual do Amazonas, 2013.
- DE BARROS, B. R. C; DE CARVALHO, E. B. “Comparação de emissão de CO2 entre os modos rodoviário e hidroviário – ensaio sobre o corredor norte/eixo

tocantins". Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2018.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). "Sistemas Isolados: planejamento do atendimento aos sistemas isolados horizonte 2023 - ciclo 2018".

Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-346/EPE-NT-Planejamento%20SI-ciclo\\_2018\\_rev1.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-346/EPE-NT-Planejamento%20SI-ciclo_2018_rev1.pdf). Acesso em: 15 de mar de 2022.

LIMA De Brito, R. K. "A introdução da navegação a vapor na Amazônia no século XIX: o processo de formação da Companhia de Navegação e Comércio do Amazonas." Trabalho apresentado no XII Congresso Brasileiro de História Econômica & 13ª Conferência Internacional de História de Empresas, 28-30 de agosto de 2017.

LOPES, S. "O comércio interno no Pará oitocentista: atos, sujeitos, e controle entre 1840-1855". Dissertação (Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento) NAEA - UFPA: Belém, 2002.

LOUREIRO, Antônio José Souto. "História da Navegação na Amazônia" - 303 p - 2007. Disponível em: <https://navioseportos.com.br/br/index.php/historia/a-navegacao-na-amazonia>. Acesso em 02/03/2022.

MCKINSEY & COMPANY. "Electric vehicles in Europe: Gearing up for a new phase?". Abril de 2004. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/europe/electric-vehicles-in-europe-gearing-up-for-a-new-phase>; Acesso em 4 de março de 2022.

MILANEZ, Artur. Y. Biocombustíveis, o Acordo de Paris e a transição para o setor de transportes de baixo carbono: o papel da Plataforma para o Biofuturo. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/11756/1/BS%2045%200%20Acordo%20de%20Paris%20e%20a%20transi%20c3%a7%20c3%a3o%20para%20o%20setor%20de%20transportes%20de%20baixo%20carbono%20%5b...%5d\\_P\\_BD.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/11756/1/BS%2045%200%20Acordo%20de%20Paris%20e%20a%20transi%20c3%a7%20c3%a3o%20para%20o%20setor%20de%20transportes%20de%20baixo%20carbono%20%5b...%5d_P_BD.pdf). Acesso em: 28/02/2022

ODS BRASIL. Objetivo 7 - Energia Limpa e Acessível. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo7/indicador711>. Acesso em: 20 de mar de 2022.

OLIVEIRA Neto, T, BATISTA, R. J Nogueira. "Os transportes e as dinâmicas territoriais no Amazonas", Confins. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/25365>; Acesso em 2 de março de 2022.

PHILIPS, J. B., HINDAWI, M. A, PHILIPS, A, BAILEY, R. V., 1998, "Particulate Matter: Predicting Its Emissions Rate". Pollution Engineering Online, julho.

Programa de P&D da ANEEL: avaliação & perspectivas / Organizadores: Nivalde José de Castro, José Eduardo Cassiolato, Renata Lèbre La Rovere, Marcelo Pessoa de Matos, [et. al.] – Rio de Janeiro: Publit, 2020.

“Sem previsão de retorno das aulas, professores percorrem rios para levar tarefas a alunos do interior do Amazonas”. G1 Globo. Disponível em: <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2020/07/12/sem-previsao-de-retorno-das-aulas-professores-percorrem-rios-para-levar-tarefas-a-alunos-do-interior-do-amazonas.ghtml>. Acesso em 22, fevereiro, 2022.

SENGE (Sindicato dos Engenheiros no Estado do Rio de Janeiro). “Cooperbarco e Lamarca Engenharia lançam projeto de barco elétrico em Florianópolis, Projeto Carapeva Net Zero”. Página inicial. Disponível em: <https://www.sengerj.org.br/posts/cooperbarco-e-lamarca-engenharia-lancam-projeto-de-barco-eletrico-em-florianopolis>. Acesso em 20, fevereiro, 2022.

SOUZA, A. MATHYAS, A. “Proposta de gestão de energia comunitária para minirredes fotovoltaicas off grid na Amazônia Legal: estudo de caso do projeto Vila Limeira 100% Solar”. USINAZUL e WWF Brasil, 2022.

# LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	<b>7</b>
<b>Figura 2</b>	Sistemas isolados na Amazônia Legal	<b>12</b>
<b>Figura 3</b>	Foto de sistema solar. Fonte: WWF, 2021	<b>14</b>
<b>Figura 4</b>	Foto de bateria, controladores e inversores solares	<b>14</b>
<b>Figura 5</b>	Potencial de irradiação solar no Brasil	<b>17</b>
<b>Figura 6</b>	Primeiros barcos elétricos projetados por William Sargeant, 1897	<b>22</b>
<b>Figura 7</b>	Kara solar / Canoa elétrico solar	<b>26</b>
<b>Figura 8</b>	Foto de barco solar de competição	<b>28</b>
<b>Figura 9</b>	Foto da voadeira movida a energia solar	<b>29</b>
<b>Figura 10</b>	Foto do barco solar / Projeto Aurora Amazônica	<b>29</b>
<b>Figura 11</b>	Foto do barco Biguá	<b>30</b>
<b>Figura 12</b>	Design do projeto Carapevas	<b>31</b>
<b>Figura 13</b>	Vaporeto Carioca	<b>32</b>
<b>Figura 14</b>	Design do Oxy_pick-up_9.0	<b>33</b>
<b>Figura 15</b>	Principais portos fluviais e eixos hidroviários da Região Norte	<b>34</b>
<b>Figura 16</b>	Barco no Rio Juruá, em Carauari, a 788 km de Manaus /AM	<b>35</b>
<b>Figura 17</b>	Embarcação típica da Amazônia	<b>36</b>
<b>Figura 18</b>	Embarcações construídas com aço naval	<b>37</b>
<b>Figura 19</b>	Lanchas expressas ou a jato	<b>37</b>
<b>Figura 20</b>	Rodovias no estado do Amazonas	<b>38</b>
<b>Figura 21</b>	Terminal para transporte de veículos partindo de Manaus	<b>39</b>
<b>Figura 22</b>	Modelo espacial da organização do transporte fluvial	<b>42</b>
<b>Figura 23</b>	Transporte de professores da rede pública em voadeiras	<b>43</b>
<b>Figura 24</b>	“Voadeira” adaptada com motor elétrico e painéis fotovoltaicos	<b>44</b>
<b>Figura 25</b>	Diagrama elétrico multifilar de sistema solar	<b>47</b>
<b>Figura 26</b>	Pulser 63. Fonte RS Electric Boats	<b>49</b>
<b>Figura 27</b>	Desenho de motores Rolls-Royce	<b>53</b>
<b>Figura 28</b>	Tecnologia Hydrogen® acoplada a motor a diesel	<b>55</b>
<b>Figura 29</b>	Deep Blue Hybrid electric power system	<b>56</b>
<b>Figura 30</b>	Foto do sistema Deep Blue Hybrid electric power	<b>58</b>
<b>Figura 31</b>	Tipos de cascos de acordo com formato	<b>62</b>
<b>Figura 32</b>	Análise de computador (Computational Fluid Dynamics)	<b>67</b>
<b>Figura 33</b>	Detalhe de módulo fotovoltaico	<b>68</b>
<b>Figura 34</b>	Atlas solarimétrico brasileiro	<b>71</b>
<b>Figura 35</b>	Análise competitiva da bateria chumbo-ácido	<b>76</b>

<b>Figura 36</b>	Bateria chumbo-ácido (VRLA)	<b>77</b>
<b>Figura 37</b>	Análise competitiva da bateria NCM	<b>78</b>
<b>Figura 38</b>	Análise competitiva da bateria LFP	<b>79</b>
<b>Figura 39</b>	Análise competitiva da bateria LTO	<b>80</b>
<b>Figura 40</b>	Bateria de titanato de lítio	<b>81</b>
<b>Figura 41</b>	Baterias ePropulsion (íons de lítio)	<b>82</b>
<b>Figura 42</b>	Cabine e painel de comando do Aquabus 1050	<b>89</b>
<b>Figura 43</b>	Tipo de rota local de curta duração	<b>95</b>
<b>Figura 44</b>	Projeto de barco itinerante da ABGD	<b>109</b>

# LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Aquarel II no Lago de Genebra	<b>24</b>
<b>Tabela 2</b>	Catamarã elétrico solar Sonneschein	<b>24</b>
<b>Tabela 3</b>	Catamarã elétrico solar Tûranor PlanetSolar	<b>25</b>
<b>Tabela 4</b>	Rotas de barcos com potencial para mobilidade elétrica	<b>41</b>
<b>Tabela 5</b>	Herley Boats Electric Powercat 3400 - Swan Super Line	<b>52</b>
<b>Tabela 6</b>	Monocasco Aquabus 1050 T. Grove Boats	<b>63</b>
<b>Tabela 7</b>	Monocasco - Projeto Aurora	<b>63</b>
<b>Tabela 8</b>	Multicasco catamarã Aquabus C60	<b>65</b>
<b>Tabela 9</b>	Multicasco Catamarã - Projeto Carapevas	<b>66</b>
<b>Tabela 10</b>	Painel solar 170W E-flex	<b>70</b>
<b>Tabela 11</b>	Dados de radiação solar em (A) Manaus e (B) Belém do Pará	<b>72</b>
<b>Tabela 12</b>	Dados de radiação solar em Belém do Pará	<b>73</b>
<b>Tabela 13</b>	Dados de bateria Torqeedo Power 24-3500	<b>82</b>
<b>Tabela 14</b>	Motor de popa Torqeedo 1103 CS	<b>85</b>
<b>Tabela 15</b>	Motor Navy	<b>86</b>
<b>Tabela 16</b>	Motor RAD 40	<b>87</b>
<b>Tabela 17</b>	Motor Krautler WA (alta velocidade)	<b>87</b>
<b>Tabela 18</b>	Motores elétricos WEG de centro para barcos de grande porte	<b>88</b>
<b>Tabela 19</b>	Controladores de carga e medidor de energia típicos	<b>90</b>
<b>Tabela 20</b>	Detalhes construtivos do kit solar	<b>94</b>
<b>Tabela 21</b>	Monocasco - Projeto Aurora	<b>96</b>
<b>Tabela 22</b>	Comparativo de consumo e custo de energéticos	<b>97</b>
<b>Tabela 23</b>	Análise de Viabilidade Projeto Aurora	<b>98</b>
<b>Tabela 24</b>	Multicasco Catamarã - Carapevas	<b>101</b>
<b>Tabela 25</b>	Comparativo de consumo e custo de energéticos	<b>102</b>
<b>Tabela 26</b>	Análise de viabilidade Projeto Carapevas	<b>103</b>
<b>Tabela 27</b>	Design de transporte de carga sustentável	<b>105</b>
<b>Tabela 28</b>	Design de transporte de carga sustentável	<b>106</b>
<b>Tabela 29</b>	Síntese de alguns incentivos para carros elétricos	<b>118</b>



A Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD), pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, reúne provedores de soluções, integradores, distribuidores, fabricantes, empresas de diferentes tamanhos e segmentos, além de profissionais e acadêmicos do setor, que têm em comum a atuação direta ou indireta na geração distribuída oriunda de fontes renováveis.



[www.abgd.com.br](http://www.abgd.com.br)

---

O WWF-Brasil é uma ONG brasileira que há 26 anos atua coletivamente com parceiros da sociedade civil, academia, governos e empresas em todo o país para combater a degradação socioambiental e defender a vida das pessoas e da natureza. Estamos conectados numa rede interdependente que busca soluções urgentes para a emergência climática. Doe: [wwf.org.br/doe](http://wwf.org.br/doe)



**Copyright © Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD)**

Guilherme Chispim – *Diretor Presidente*

Carlos Evangelista – *Presidente do Conselho*

Aurélio de Andrade Souza – *Conselheiro e Diretor de Projetos Especiais*

**Realização**

Associação Brasileira de Geração  
Distribuída (ABGD)

**Apoio**

Fundação Mott

WWF-Brasil

**Coordenação Geral**

Aurélio de Andrade Souza  
(USINAZUL)

**Elaboração**

Aurélio de Andrade Souza  
(*coordenador*)

Fernando C. Lima

Vinicius Scartezini

**Colaboração**

Marcus Zanini

Sérgio Lamarca

**Revisão de textos**

Alessandra Mathyas (WWF-Brasil)

Maíra Teixeira (WWF-Brasil)

Samara Santos (WWF-Brasil)

**Projeto Gráfico e Design Editorial**

Laboota

*São Paulo, março de 2023*

