

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MAURO RUSSÉLIO DAVID JOTA

**IMPACTOS DA PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DO HIDROGÊNIO VERDE DE
PAÍSES AFRICANOS EMERGENTES PARA PAÍSES DESENVOLVIDOS DE
OUTROS CONTINENTES: CASO H₂ATLAS-AFRICA**

CURITIBA

2021

MAURO RUSSÉLIO DAVID JOTA

**IMPACTOS DA PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DO HIDROGÊNIO VERDE DE
PAÍSES AFRICANOS EMERGENTES PARA PAÍSES DESENVOLVIDOS DE
OUTROS CONTINENTES: CASO H₂ATLAS-AFRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC),
apresentada ao curso de MBA em Gestão
Estratégica em Energias Naturais Renováveis,
do Programa de Educação Continuada em
Ciências Agrárias (PECCA), da Universidade
Federal do Paraná (UFPR), como requisito
parcial à obtenção do título de Especialista em
Energias Renováveis.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Langer

CURITIBA

2021

**Impactos da produção e exportação do hidrogênio verde de países africanos emergentes para países desenvolvidos de outros continentes:
Caso H₂ATLAS-AFRICA**

Mauro Russélio David Jota

RESUMO

Jus a preocupação global referente as mudanças climáticas, diversos países têm unido forças para resolver essa questão. A resposta aceitável até o momento tem sido a redução na emissão de dióxido de carbono (CO₂) e a substituição dos combustíveis fósseis. O hidrogênio surge como uma opção ampla para esse fim. Advindo de vários processos inclusive de fontes não renováveis, atualmente se tem buscado produzir o hidrogênio verde (H₂), isso, de forma sustentável, ou de fontes renováveis. A África é um continente com infindáveis recursos naturais, diferente de outros continentes. Entretanto, a falta de conhecimento da população local para transformar esses recursos em produtos faz com que o continente permaneça num estado vagaroso. Por sua vez, países de outros continentes com capacidade tecnológica estabelecem acordos para a resolução de problemas em comum. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os impactos do projeto *H₂ATLAS-AFRICA*, um projeto de produção e exportação de H₂ de países da CEDEAO para Alemanha. Com uma metodologia alicerçada em pesquisa bibliográfica reuniu-se todo o material e posteriormente foi elaborado a análise comparativa da situação atual dos países africanos envolvidos, justamente para antever o comportamento dos mesmos perante a esse projeto. Buscou-se também compreender quais os comprometimentos da Alemanha para com os países africanos e o projeto em si. Os países africanos envolvidos no projeto direta ou indiretamente necessitam rigidamente de autossuficiência e reestruturações, seja na governança, capacidade analítica, responsabilidade profissional e até mesmo na humanização dos seus ideais para que esse projeto seja promissor.

Palavras-chave: H₂. Impactos ambientais. Energias renováveis. África Ocidental, CEDEAO. Alemanha.

Impacts of green hydrogen production and export from emerging African countries to developed countries on other continents: Case H₂ATLAS-AFRICA

Mauro Russélio David Jota

ABSTRACT

Due to the global concern regarding climate change, several countries have joined forces to resolve this issue. The acceptable response so far has been to reduce carbon dioxide (CO₂) emissions and replace fossil fuels. Hydrogen appears as a broad option for this purpose. Coming from various processes, including non-renewable sources, it is currently being sought to produce green hydrogen (H₂), that, in a sustainable way, or from renewable sources. Africa is a continent with endless natural resources, unlike other continents. However, the lack of knowledge of the local population to transform these resources into products makes the continent remain in a slow state. In turn, countries from other continents with technological capacity establish agreements to solve common problems. Thus, this work aimed to evaluate the impacts of the H₂ATLAS-AFRICA project, a project for the production and export of H₂ from ECOWAS countries to Germany. Using a methodology based on bibliographical research, all the material was gathered and a comparative analysis of the current situation of the African countries involved was subsequently elaborated, precisely to foresee their behavior towards this project. We also sought to understand Germany's commitments to African countries and the project itself. The African countries directly or indirectly involved in the project are in strict need of self-sufficiency and restructuring, whether in terms of governance, analytical capacity, professional responsibility and even the humanization of their ideals so that this project can be promising.

Keywords: H₂. Environmental impacts. Renewable energy. West Africa. ECOWAS. Germany.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – INDICADOR SOCIAL DOS PAÍSES DA CEDEAO	22
FIGURA 2 – INDICADOR DE POLÍTICAS E QUADROS DO SETOR ENERGÉTICO	23
FIGURA 3 – INDICADOR DE ESTRUTURA POLÍTICA E REGULATÓRIA	24
FIGURA 4 – INDICADOR DE INFRAESTRUTURA DE EXPORTAÇÃO E TRANSPORTE	24
FIGURA 5 – LCOE MÉDIO PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS	25
FIGURA 6 – LCOE MÉDIO PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE TURBINAS OFFSHORE	26
FIGURA 7 – LCOE MÉDIO PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE TURBINAS OFFSHORE	26
FIGURA 8 – LCOH MÉDIO PARA A PRODUÇÃO DE H ₂ A PARTIR DO VENTO ONSHORE E SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE CAMPO ABERTO	27
FIGURA 9 – MÁXIMO POTENCIAL TÉCNICO DE H ₂ POR ÁREA	28
FIGURA 10 – ÁREA SOLAR EXCLUÍDA	28
FIGURA 11 – ÁREA EÓLICA ONSHORE EXCLUÍDA	29
FIGURA 12 – ÁREA EÓLICA OFFSHORE EXCLUÍDA	29
FIGURA 13 – ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DISPONÍVEIS	30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ÍNDICE DE PERCEPÇÃO DA CORRUPÇÃO EM PAÍSES DA CEDEAO ...	19
TABELA 2 – PANORÂMICA DOS INDICADORES SOCIAIS DOS PAÍSES AFRICANOS DA CEDEAO	20
TABELA 3 – PANORÂMICA DOS INDICADORES ECONÓMICOS DE PAÍSES AFRICANOS DA CEDEAO	21

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	7
1.2	OBJETIVOS	8
1.3	JUSTIFICATIVA	8
2	MATERIAIS E MÉTODOS	9
3	DESENVOLVIMENTO	9
3.1	POR QUE HIDROGÊNIO?	9
3.2	CASO H ₂ ATLAS-AFRICA	10
3.2.1	Por que África?	11
3.2.2	Por que Alemanha?	12
3.2.3	Projeto H ₂ Atlas-Africa	12
3.2.3.1	Indicadores sociais	14
3.2.3.2	Indicadores econômicos	15
3.2.3.3	Indicador de estrutura política regulatória	16
3.2.3.4	Indicador de políticas e quadros do setor energético	17
3.2.3.5	Indicador de infraestrutura de exportação e transporte	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1	DADOS DAS CAMADAS DO MAPA H ₂ ATLAS-AFRICA	22
4.1.1	Indicadores	22
4.1.2	Fatores tecno-econômicos	25
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	30
	REFERÊNCIAS	32
	ANEXOS	42
	ANEXO 1 – ESQUEMA DA EXTRAÇÃO E PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE	42
	ANEXO 2 – DESCRIÇÃO DO HIDROGÊNIO POR DISTINÇÃO DE CORES	43
	ANEXO 3 – A) LOCALIZAÇÃO DA CEDEAO NO CONTINENTE AFRICANO; B) PAÍSES MEMBROS DA CEDEAO	44
	ANEXO 4 – A) LOCALIZAÇÃO DA SADC NO CONTINENTE AFRICANO; B) PAÍSES MEMBROS DA SADC	45
	ANEXO 5 – ORGANIZAÇÃO DO PROJETO H₂ATLAS-AFRICA	46
	ANEXO 6 – ESTRUTURA FUNCIONAL DO PROJETO H₂ATLAS-AFRICA	47
	ANEXO 7 – PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO CRIADOS PELO WASCAL	48
	ANEXO 8 – 7 (SETE) ASPIRAÇÕES PARA A AGENDA 2063 DE ÁFRICA	49

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A partir dos ODS¹ muitos países têm buscado implementar projetos com objetivos de assegurar os direitos humanos, erradicar a pobreza, agir contra as mudanças climáticas e demais temas constantes da agenda global na atualidade, a Agenda 2030 (UNITED NATIONS - UN, 2020a). Essa sinergia se tem intensificada em diversos setores por meio de parcerias nas áreas medicinais, tecnológicas, acadêmicas, políticas, inclusive em áreas energéticas (BHAGWAT; OLCZAK, 2020). Por esse ângulo, o ODS7² foca na transição energética, desfazendo-se de fontes não renováveis e poluidoras, e aceitando as fontes renováveis e limpas (UNITED NATIONS, 2020b).

O hidrogênio é um elemento limpo, abundante, com uma magnitude, aplicabilidade e versatilidade incrível, exatamente o que se espera de um substituto para os combustíveis poluentes. No entanto, 99% do hidrogênio ainda é produzido de fontes não-renováveis (ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY - EERE, 2021) e estudos com fins de produções de hidrogênio a partir de fontes renováveis em escalas industriais são recentes, são de custos elevados, ainda, na sua etapa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, o que faz com que apenas alguns países com alto poder aquisitivo obtenham resultados promissores (SMINK, 2021).

Recentemente, a partir de energias renováveis, como solar e eólica, por meio do processo de eletrólise, começou a ser produzido o hidrogênio verde, que é 100% sustentável, porém, o processo atual de produção é mais caro do que o convencional. E o grande desafio é separá-lo das outras moléculas (PETRESCU et al., 2017).

O projeto *H₂ATLAS-AFRICA* emprega a análise teórica utilizando ferramentas e dados analíticos relevantes para quantificar o potencial de produção de hidrogênio verde. Esses dados são informações de localização relacionadas a

¹ ODS ou *SDG - Sustainable Development Goals* - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

² Até 2030, melhorar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisas e tecnologias de energia limpa, incluindo energia renovável, eficiência energética e tecnologia avançada e mais limpa de combustíveis fósseis, e promover investimentos em infraestrutura energética e tecnologia de energia limpa.

recursos de energia renovável, demandas energéticas locais, cenários e impactos atuais e futuros das mudanças climáticas, preferências de uso da terra e da água, entre outros, em cada país. Com base nessas informações e condições locais, o potencial de hidrogênio verde e o custo relacionado são estimados com a modelagem aplicada e ferramentas analíticas.

1.2 OBJETIVOS

- Objetivo Geral

Avaliar os impactos da produção e exportação de hidrogênio verde de países da CEDEAO para Alemanha.

- Objetivos Específicos

- Analisar os impactos iminentes do projeto H₂Atlas-Africa nos países africanos;
- Entender, além do potencial dos recursos naturais disponíveis, o porquê desses países serem a escolha da Alemanha;
- Propor ações comportamentais socio-econômica-ambientais que garantirão e beneficiarão o ciclo de vida do projeto.

1.3 JUSTIFICATIVA

Mediante as informações contidas nas seções acima, observa-se a importância de uma transição energética global, no entanto, existem casos ou países específicos em que essa necessidade não é tão emergente ou aditiva quanto a outros fatores peculiares. À vista disso, este trabalho traz consigo um elevado teor de resplendor, ao percebermos que ele permitirá não só uma análise técnica-científica dos impactos que o projeto em questão trará para os países envolvidos, principalmente, africanos, mas também permite ter uma visão

mais humanizada do mesmo. E, a partir desse ponto, se os procedimentos necessários para execução plena do projeto forem avaliados pragmaticamente, resultados satisfatórios serão atingidos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar resultados competentes o presente trabalho seguiu a seguinte ordem metodológica: I) pesquisa bibliográfica e documental que resultou na revisão sistemática da literatura existente, onde foram estudados autores nacionais e internacionais, com temas em ênfase sobre fontes de energias renováveis, destacando a metodologia de geração do hidrogênio verde; II) aprofundamentos com bases no estudo do caso do projeto *H₂ATLAS-AFRICA*, buscando a compreensão de quem está à frente do projeto, quais as prioridades do projeto, quais países o constituem, qual a participação desses países, quais órgãos responsáveis em cada país, quais fatores políticos dificultam o projeto e quais os benefícios do projeto; III) com base em didáticas sobre matriz de impacto se fez comparações entre os dados colhidos; IV) conclusões.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 POR QUE HIDROGÊNIO?

Em grego “gerador de água”, Antonie Lavoisier (1783) chamou a esse gás de hidrogênio, justamente porque durante a combustão do hidrogênio com o oxigênio, gera-se água, (PINCELI, 2019; SANTOS; SANTOS, 2005). Classificado como o elemento mais leve e abundante na natureza segundo a Tabela de Mendeleiev (1869) mas não só da Terra como em todo o universo (WOLLARD, 1996), o hidrogênio está presente na forma combinada (hidrocarbonetos e derivados), na água, nos oceanos, nos rios, nos micro-

organismos, nos minerais e até nos seres vivos (ALVES; ABREU, 2006; VARGAS et al., 2006).

Ilustrado no ANEXO 1, os principais métodos de extração e produção do hidrogênio podem ser por meio de processos identificados como, eletrolise (ZHAO et al., 2020; TAMBOR; RODRIGUES; DA COSTA, 2020) via P_2X^3 (CONSELHO DE PROMOÇÃO DA FINLÂNDIA, 2021), reformas catalíticas (MOURÃO et al., 2019; SANTOS; NORONHA; HORI, 2020; CAZULA et al., 2021), lixo urbano (WANGHON, 2018), biomassa (DA SILVA BERNARDO; DE MORAIS ARAÚJO; BRAGA, 2021), pirolise a plasma (FERREIRA et al., 2020), micro-organismos (algas, bactérias e cianobactérias) (COSTA et al., 2014). Segundo Silva (2020); BANCO DE DESENVOLVIMENTO DA AMÉRICA LATINA - CAF (2021); CLIMAINFO (2021); ENGIE (2021); EMPRESA DE PESQUISA ENERGETICA - EPE (2021) o hidrogênio pode ser identificado por várias cores. Dessa forma, é possível distingui-los conforme o ANEXO 2.

O hidrogênio é uma fonte primária para a obtenção de outros produtos comerciais, por exemplo, alimentícios (BLOCK, 1997; VICENZO, 2021) e de acordo com Souza e Silva (2018) ácidos. Quando submetido a temperaturas de $-252,85\text{ }^{\circ}\text{C}$, o hidrogênio muda do estado gasoso para o estado líquido sendo assim utilizado em células de energia (COSTA et al., 2014). Produzido por meio de *RESS*⁴, sua grande variedade e disponibilidade de matéria-prima biológica faz do hidrogênio um fator contribuinte energético e pode fornecer energia limpa de pouca poluição local (ALVES, 2018) para os principais setores socioeconômicos, como industriais, edifícios e transportes dos países emergentes (ZAPATA, 2011; MOSCA et al., 2020; RABIEE; KEANE; SOROUDI, 2021).

3.2 CASO H₂ATLAS-AFRICA

³ P_2X - *Power-to-X* – Potência em “X” nesse caso X = hidrogênio – converte a eletricidade em outro vetor de energia que pode ser usada em outros setores. Permite não apenas aplicações diretas de hidrogênio, mas também aplicações na produção de combustíveis sintéticos, como amônia, metano, substituindo os combustíveis fósseis convencionais.

⁴ *RESS* – *Renewable Energy Storage System* – Sistema de Armazenamento de Energia Renovável.

3.2.1 Por que África?

As principais matrizes energéticas africanas são petróleo, gás natural, carvão, hidroelétricas, energia nuclear e biomassas (vegetação e derivados de vegetação) (TRIANGULOATLANTICO, 2016; ZHONGMING et al., 2019). De acordo com CLIMAINFO (2021) essas matrizes continuarão a dominar a geração elétrica na África até o final desta década, com apenas 9,6% da eletricidade proveniente de fontes renováveis, excluindo a energia hidrelétrica.

A África consome cerca de 3% da energia comercial mundial, segundo dados do *PIDA*⁵. Suas taxas de acesso à energia moderada é a menor do mundo, onde cerca de 500 milhões de africanos não têm acesso à eletricidade, utilizam madeira para cozinhar e se aquecer (NIRANJAN, 2019). No entanto, a alta utilização dessa biomassa resulta efeitos negativos tanto para o meio ambiente quanto para a saúde da população. A exposição a esses poluentes resultantes da queima de combustíveis sólidos tem sido a responsável pela morte de, pelo menos, 4,3 milhões de pessoas ao redor do mundo, anualmente (GIODA; TONIETTO; LEON, 2019).

Nesse contexto, muitos projetos de integração elétrica vêm sendo realizados no continente. Podemos citar alguns dos sistemas de interconexão elétrica regionais existentes atualmente, são eles: Sistema Elétrico da África (*CAPP*), Sistema Elétrico do Nordeste da África (*EAPP*), Sistema Elétrico do Oeste da África (*WAPP*), Sistema Elétrico do Sul da África (*SAPP*) e Sistema Elétrico do Norte da África (*COMELEC*). E para a integração total do continente tem a União de Produtores, Transportadores e Distribuidores de Energia Elétrica na África (*APUA*).

Embora a produção do hidrogênio não esteja limitada apenas no continente Africano, o mesmo se mostra promissor quando se fala de uma economia verde de hidrogênio (DE ANDRADE, 2013; DE CASTRO et al., 2021). O continente não é novo nessa indústria, o Egito já foi o maior produtor mundial de hidrogênio (SHAH, 2021). Países da África Ocidental, particularmente, possuem um grande potencial para produção de hidrogênio verde devido as

⁵ *PIDA – Programme for Infrastructure Development in Africa – Programa de Infraestrutura e Desenvolvimento de África.*

fontes disponíveis de energia renovável e de recursos hídricos (UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAM - UNEP; AFRICAN DEVELOPMENT BANK - BDA, 2017; BERG, 2021).

À medida que as entidades africanas de vários setores buscam resultados verdes para saírem da situação retrógrada atual (JORNAL DE NOTÍCIAS, 2020), o hidrogênio limpo é visto como um caminho importante a seguir, a fim de reduzir importações de combustíveis fósseis e produtos químicos. Com isso, e por meio de parcerias sólidas (PAGINAJOURNAL, 2021), as nações africanas podem se beneficiar ambientalmente com o desenvolvimento de novas tecnologias (HEINZELLER et al., 2018) de hidrogênio (SANTOS, 2021; MOURAHIB, 2021).

3.2.2 Por que Alemanha?

A Alemanha é mundialmente conhecida como pioneira quando se fala em energias renováveis. Em 2020, quando o governo Alemão decidiu eliminar duas fontes de energia (nuclear e o carvão) foi necessário pensar em substitutas. E segundo Luber (2021) no mesmo ano e dias antes da divulgação da *EUHS*⁶ (EUROPEAN COMMISSION, 2020), o governo Alemão anunciou a *NWS*⁷. Naquela mesma apresentação, a Alemanha também anunciou a cooperação com países Africanos (HEYNES, 2021; ULLAH, 2021) para construir projetos em grande escala de hidrogênio renovável, isso, porque segundo a *NWS*, 90% do hidrogênio que será consumido na Alemanha em 2030, será importado (BHAGWAT; OLCZAK, 2020).

3.2.3 Projeto H₂Atlas-Africa

De acordo com o H₂Atlas (2020) o projeto *H₂ATLAS-AFRICA* é uma iniciativa conjunta financiada pelo *BMBF*⁸ (KÖLBEL, 2015), 15 (quinze) países

⁶ *EUHS* – *European Union Strategy Hydrogen* – Estratégia de Hidrogênio da União Europeia.

⁷ *NWS* - *Nationale Wasserstoffstrategie Deutschlands* – Estratégia Nacional de Hidrogênio da Alemanha.

⁸ *BMBF* - *Bundesministerium für Bildung und Forschung* ou *German Federal Ministry of Education and Research* – Ministério Federal Alemão de Educação e Pesquisa.

membros da CEDEAO⁹ (DEUTSCHE WELLE - DW, 2021) ANEXO 3, e 16 (dezesseis) países membros da SADC¹⁰ (MOYO; SILL; O'KEEFE, 2014) ANEXO 4, para explorar regiões africanas com potenciais na produção de hidrogênio verde. Seu objetivo é “apoiar o desenvolvimento sustentável e econômico através de uma economia de hidrogênio viável com alto potencial para fazer da África um exportador de H₂ e ganhar mais relevância nos mercados internacionais de energia”. Conforme ilustrado no ANEXO 5 e 6, o projeto é gerenciado e coordenado pelo *Forschungszentrum Jülich GmbH*¹¹ que recebe informações reportadas do WASCAL¹² (WASCAL, 2020) coordenador da CEDEAO e pelo SASSCAL¹³ (KASPAR et al., 2015; POSADA et al., 2016; SISTEMA GLOBAL DE INFORMAÇÃO SOBRE BIODIVERSIDADE - GBIF, 2016) coordenador da SADC.

Em seu estudo Catsossa (2021) concluiu que o lema para se produzir em qualquer parte do mundo onde a redução do custo e o acesso ao sector tecnológico seja possível, mudou desde que “a mundialização assumiu as características básicas do capitalismo monopolista no final do século XX”.

Evidentemente o hidrogênio verde tomará um lugar importante mundialmente no tocante a energia livre de carbono, por isso, explorar suas implicações geopolíticas é e serão pertinentes, pois, permitirá que os formuladores de políticas embarquem neste novo mundo energético (CLERCQ et al., 2018; SUPPORTING EU-AFRICAN COOPERATION ON RESEARCH INFRASTRUCTURES FOR FOOD SECURITY AND GREENHOUSE GAS OBSERVATIONS - SEACRIFOG, 2020; PFLUGMANN; DE BLASIO, 2020).

⁹ CEDEAO ou em inglês ECOWAS - Comunidade Económica dos Estados da África Ocidental, composta por 15 (quinze) países: Benin, Burkina Faso, Cabo Verde, Costa de Marfim, Gambia, Gana, Guiné, Guiné-Bissau, Libéria, Mali, Niger, Nigéria, Senegal, Serra Leoa e Togo.

¹⁰ SADC - *Southern African Development Community* – Comunidade de Desenvolvimento da África do Sul, composta por 16 (dezesseis) países: Angola, Botswana, Comores, República Democrática do Congo, Eswatini, Lesoto, Madagascar, Malawi, Maurício, Moçambique, Namíbia, Seychelles, África do Sul, Tanzânia, Zâmbia e Zimbábue.

¹¹ *Forschungszentrum Jülich GmbH* - Centro de Pesquisas Alemão em Jülich.

¹² WASCAL - *West African Science Service Centre on Climate Change and Adapted Land Use* - Centro de Serviço de Ciência da África Ocidental sobre Mudança Climática e Uso Adaptado do Solo é um esforço colaborativo por 11 (onze) países da África Ocidental: Benin, Burkina Faso, Cabo Verde, Costa de Marfim, Gambia, Gana, Mali, Niger, Nigéria, Senegal, Togo e 1 (um) país Europeu: Alemanha.

¹³ SASSCAL - *The Southern African Science Service Centre for Climate Change and Adaptive Land Management* - Centro de Serviços de Ciência da África Austral para Mudanças Climáticas e Gestão Adaptativa de Terras é uma ação combinada de 5 (cinco) países Africanos: Angola, Botswana, Namíbia, África do Sul, Zâmbia e 1 (um) Europeu: Alemanha.

Segundo o Transparency Internacional¹⁴ (2020), os países da África Ocidental encontram-se em posições desfavoráveis quanto ao CPI¹⁵. O excesso de corrupção resulta em sofrimento humano e os mais vulneráveis (pobres) são as principais vítimas. Essas situações advêm devido as falhas na prestação de serviços básicos, como educação e saúde, falhas essas causadas pelos agentes corruptos que desviam dinheiros de investimentos públicos (KOSTA, 2020).

3.2.3.1 Indicadores sociais

Os indicadores (JACINTHO; KROENKE, 2021) sociais¹⁶ (IBGE, 1979) exercem um papel importante na discussão política e social do cotidiano nacional e internacional (PARAHOS et al., 2013; DE SOUSA NASCIMENTO, 2018) e de acordo com Canastra et al. (2015) alguns pontos em países da CEDEAO têm grande importância e devem ser observados e considerados.

- a) A maior parte dos serviços públicos, tanto em termos de infraestruturas, como em nível de educação são responsáveis pela baixa qualidade de vida e bem-estar local.
- b) Os benefícios dos recursos naturais deveriam ser o fator máximo contribuinte para a melhoria dessas condições de vida, pois uma gestão escorada nos recursos naturais poderia potencializar um desenvolvimento holístico e inclusivo.
- c) Apesar do aumento da produtividade, as populações locais, quase ou nunca, se beneficiam dos investimentos estrangeiros, tanto em assuntos econômicos, como em termos de transferência de aptidões e tecnologias. Desse modo, a mão de obra local (convencional e tradicional) que poderia

¹⁴ *Transparency Internacional* – Transparência Internacional é um movimento global que trabalha em mais de 100 países para acabar com a injustiça da corrupção.

¹⁵ *CPI - Corruption Perception Index* ou IPC - Índice de Percepção da Corrupção é o principal indicador de corrupção no setor público do mundo.

¹⁶ Indicadores sociais têm como escopo “avaliar as condições de vida da população, atentando-se, à época, mobilidade ocupacional da força de trabalho, distribuição de renda, despesa familiar, habitação, educação e saúde”.

ser alocada para setores de alta produtividade, acaba sendo afastada dessas oportunidades de aprendizagem e desenvolvimento.

As universidades podem desempenhar papéis importantes no que concerne à geração de mão de obra altamente qualificada, aproveitando as sinergias das grandes empresas estrangeiras instaladas no país. A criação do Centro de Competência da *WASCAL* composto por dez (10) programas de doutorado e dois (2) programas de mestrado (*WASCAL*, 2020) descrito no Anexo 7 pode ser um grande passo, se o objetivo das entidades responsáveis do projeto for humanista (*CASTRO*, 1959).

3.2.3.2 Indicadores econômicos¹⁷

Países ricos em recursos naturais são também dependentes da ajuda externa apesar de apresentarem distinções e debilidades em quase todos os aspectos da *PMI*¹⁸ (*LUNDGREN; THOMAS; YORK*, 2013; *PARES*, 2015, *KIM; FALLOV; GROOM*, 2021).

“As economias da África Subsaariana exportam cerca de 6,5 mil milhões de Dólares em bens, mas apenas cerca de um quinto dessas exportações destina-se a outros países na região” (*SELASSIE; HAKOBYAN*, 2021). De acordo com o Banco Mundial (2020) dar vida a Zona de Comércio Livre Continental de África - *AfCFTA*, parece, por agora, ser necessário. Essa implementação não só diminuiria a vulnerabilidade de África a perturbações globais, como também reforçaria a competitividade regional, aumentaria a produtividade e promoveria a segurança alimentar (*AFRICAN CONTINENTAL FREE TRADE AREA - AFCFTA*, 2021).

A integração económica regional não leva em conta as escalas económicas, a inovação e o progresso tecnológico, mas foca nas alterações em nível de comércio e seus efeitos no bem-estar das populações.

¹⁷ Indicadores económicos são dados que acompanham a economia de um país sob determinado aspecto.

¹⁸ *PMI* - *Public Investment Management* ou *GIP* - Gestão do Investimento Público tem como objetivo preencher a lacuna entre o que deve ser feito e a demanda imediata por orientação pragmática dos países sobre como adaptar as reformas implícitas.

De fato, todos esses países são diferentes, no que diz respeito à moeda, comércio paralelo transfronteiriço, heterogeneidade, industrialização, nível de infraestruturas e mercado na oferta de novas tecnologias, capital humano, história colonial, dotações de recursos naturais, vantagens comparativas, bem como aos sistemas institucionais e regras políticas.

No entanto, a distorção presente entre eles é que se torna preocupante, pois, não conseguem respeitar as regras que eles próprios estabelecem em conformidade com a declaração de liberalizar o comércio interno e de promover empresas regionais (AKOUTOU et al., 2014).

3.2.3.3 Indicador de estrutura política e regulatória

Palco de luta de classes, disputas de poder, não para o bem-estar dos povos africanos, mas sim, para satisfação das necessidades das próprias elites, entidades africanas esquecem de trabalhar para alcançar os objetivos públicos.

É comum considerar que os países africanos sofrem da chamada “doença holandesa” (ou seja, a incapacidade de transformar a riqueza de recursos naturais em desenvolvimento político e socioeconômico) (QUINGUAIA et al., 2018; MATEUS, 2020; SILVEIRA; ANGELI; SALOMÃO, 2021).

É crucial que os países da África Ocidental usem as dotações de recursos naturais para desenvolver e diversificar as suas economias em termos mais gerais a fim de evitar os riscos da maldição. Uma das opções para mitigar o risco da maldição dos recursos naturais na África Ocidental é o aumento da responsabilização e da transparência nas entidades que fazem frente a estes países quanto a *PMI* (LUNDGREN; THOMAS; YORK, 2013).

A *EITI*¹⁹ (INTERNACIONAL COUNCIL ON MINING & METALS, 2021) pode ser um fator importante, pois, promove a transparência no sentido da responsabilização, a boa governança e medidas de combate à corrupção no tocante às receitas públicas e às práticas comerciais (DE OLIVEIRA MEDEIROS; DE GODOI, 2021).

¹⁹ *EITI* - *Extractive Industries Transparency Initiative* - Iniciativa para a Transparência da Indústrias Extrativas.

3.2.3.4 Indicador de políticas e quadros do setor energético

Em consonância com o Acordo de Paris, e a Agenda 2063²⁰ para a África, conforme o ANEXO 8, o continente poderia se beneficiar da adoção antecipada de hidrogênio para várias aplicações e em vários setores, como foi discutido nas seções anteriores. A África poderia se beneficiar de sua falta de tecnologias ou tecnologias tradicionais, e aderir as tecnologias modernas de energias renováveis em grande escala para produzir hidrogênio verde (UNIVERSITY OF CENTRAL FLORIDA, 2017) e aproveitar o potencial de energia renovável do continente.

3.2.3.5 Indicador de infraestrutura de exportação e transporte

O desenvolvimento do transporte regional de eletricidade enfrenta não só o desafio da insuficiência de infraestruturas, mas também, de inadequação dos quadros institucionais e reguladores (AKOUTOU et al., 2014).

A *ERERA*²¹ (ERERA, 2021) desempenha um papel central na criação das estruturas contratuais institucionais e harmonizadas para promover o transporte transfronteiriço de energia elétrica na região. Desde o seu estabelecimento, a *ERERA* e a *ECREEE*²² (ECREEE, 2013) trabalham para promover a cooperação, o intercâmbio de informações e a assistência entre as entidades reguladoras nos países da CEDEAO.

Com base no mapeamento feito pela *AFRICAN HYDROGEN PARTNERSHIP - AHP*²³ e do ponto de vista ambiental, os benefícios são:

²⁰ Agenda2063 – é um projeto da África para transformar a África na potência global do futuro.

²¹ *ERERA - ECOWAS Regional Electricity Regulatory Authority* - Autoridade Reguladora Regional de Eletricidade da CEDEAO.

²² *ECREEE - ECOWAS Centre for Renewable Energy and Energy Efficiency* - Centro de Energia Renovável e Eficiência Energética da CEDEAO.

²³ *AHP - African Hydrogen Partnership* - Associação Comercial de Parceria de Hidrogênio Africano é a única associação em todo o continente Africano exclusivamente dedicada ao desenvolvimento de hidrogênio verde, produtos químicos baseados em hidrogênio verde, tecnologia de células de combustível e oportunidades de negócios relacionadas na África.

redução das emissões de CO₂ com a adoção de meios de transporte mais limpos, ar, solo e água mais limpos, menos desflorestamento, redução do deslocamento climático e preservação da vida selvagem. Além disso, uma economia local de hidrogênio pode ser construída ao lado das rotas de infraestrutura existentes de estradas, ferrovias e portos marítimos para uso dentro e entre as regiões (AFRICAN HYDROGEN PARTNERSHIP, 2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Existem muitos entraves que impossibilitam os desenvolvimentos da energia sustentável nos países da CEDEAO como apresentados nas seções acima. No entanto, existem três entraves no qual são importantes enfatizar:

- a) Insuficiente reestruturação dos setores energéticos: desmembrar os setores energéticos da região das empresas públicas é necessário para que se crie um setor integro.
- b) Parasitismo: é necessário que se elimine a permanência e a vontade de sucção financeira por parte das entidades responsáveis desses países. Tais medidas ajudarão a elevar o crescimento a longo prazo e oferecerão oportunidades para os novos candidatos a emprego da região, sendo assim os investimentos continuarão de forma a se cumprir os objetivos de financiamento do setor regional de eletricidade;
- c) Quadros regulamentares inadequados: é necessário estabelecer seriamente as instituições reguladoras que definirão as missões, obrigações e deveres do operador do mercado regional.

A disponibilidade de dados sobre o sector social, econômico, político e energético desses países é um problema, isso, devido ao déficit em muitas áreas básicas, inclusive, no setor de tecnologias de informação que ainda usa métodos tradicionais. Desta forma, a aquisição de dados seja por meio virtual, ou mesmo, em bases científicas é muito difícil, e quase impossível. À vista disso, e para se ter uma visível compreensão deste trabalho, pois, o mesmo requer uma interpretação cautelosa das estimativas, construiu-se comparações

apresentadas em tabelas e figuras, com dados atualizados, informando a panorâmica dos indicadores dos países africanos envolvidos no projeto *H₂ATLAS-AFRICA*.

Na TABELA 1, é apresentado o índice que avalia a percepção da corrupção no sector público de 180 países, pontuando-os de 0 a 180 (do mais transparente ao mais corrupto), Cabo Verde ocupa o 41º lugar tornando-se assim o melhor colocado em relação aos países da CEDEAO, isso, dá credibilidade do setor público desse país perante aos investidores. Cabo Verde também se posiciona bem entre os países lusófonos²⁴, estando em 2º lugar (EXPRESSO DAS ILHAS, 2021). A seguir vem o Senegal em 65º lugar e o Gana em 75º lugar. Fatores como esses ajudam a identificar se o setor público desses países é confiável e apresenta um retrato fiel da realidade da situação e do desempenho financeiro, fator crucial para investimentos ambiciosos.

TABELA 1 - ÍNDICE DE PERCEPÇÃO DA CORRUPÇÃO DE PAÍSES DA CEDEAO

País	Classificação (0/180)
Benin	83
Burkina Faso	86
Cabo Verde	41
Costa de Marfim	104
Gâmbia	102
Gana	75
Guiné	137
Guiné-Bissau	165
Libéria	137
Mali	129
Níger	123
Nigéria	149
Senegal	67
Serra Leoa	117
Togo	134

FONTE: Transparency Internacional (2020), o autor (2021).

Na TABELA 2, impacta negativamente saber que a população de 20.000 milhões de habitantes, equivalente a 95% da população total do Níger, vive em zona rural e 45,4% vive abaixo da linha da pobreza. Percentual idêntico na Nigéria e na Serra Leoa onde, 70% da população vive abaixo da linha da pobreza. Fora isso, elementos como saúde e educação também estão presentes e com isso, o impacto que estes fatores têm na economia acaba por ser diluído no IDH²⁵ desses países, onde podemos observar que seus níveis são muito altos,

²⁴ Países Lusófonos – nações que compartilham a língua e cultura portuguesa (Angola, Brasil, Cabo Verde, Guiné-Bissau, Macau, Moçambique, Portugal, São Tomé e Príncipe, Timor-Leste, Goa, Damão e Diu).

²⁵ IDH – Índice de Desenvolvimento Humano ou *HDI – Human Development Index* - classifica o grau de desenvolvimento econômico e a qualidade de vida dos países.

o que os coloca numa posição de extrema sensibilidade, ponto imprescindível antes de qualquer implementação de um projeto.

Quanto ao acesso a eletricidade, de acordo com o tamanho da população em cada país, observa-se que em nove países 60% da população vive sem acesso a eletricidade. Sendo assim, 70% da população de apenas quatro países dos quinze da CEDEAO possuem acesso a eletricidade. Desse acesso, onze países detêm mais de 50% da participação de energia renovável no consumo final de energia. Mesmo, optando-se por considerar a participação das energias renováveis no consumo, não há como saber exatamente a origem da energia demandada quanto a fontes renováveis ou não renováveis devido à dificuldade em encontrar dados assertivos, como explicado acima.

TABELA 2 - PANORÂMICA DOS INDICADORES SOCIAIS DOS PAÍSES AFRICANOS DA CEDEAO

País	População (milhões)	População rural (milhões)	Taxa de acesso a eletricidade (%) ODS 7.1 ²⁶	População sem acesso a eletricidade (milhões)	Participação de Energia Renovável no Consumo Final Total de Energia (%)	Posição no IDH
Benin	12,123	6,254	32,7	7,043,076	44	158
Burkina Faso	20,903	14,505	18	16,586,481	67	182
Cabo Verde	556	189	96	24,563	23	126
Costa de Marfim	26,378	12,639	76	8,087,825	63,5	162
Gâmbia	2,417	858	60	940,930	52,4	172
Gana	31,073	13,108	85	5,018,946	42	138
Guiné	13,133	8,680	42	7,353,889	69,9	178
Guiné-Bissau	1,968	1,116	31	1,324,660	86,8	175
Libéria	5,058	2,445	28	3,579,229	87,2	175
Mali	20,251	11,378	48	10,217,999	76,6	184
Níger	24,207	20,072	13,6	18,934,192	78	189
Nigéria	206,140	99,040	61,6	89,629,765	79,7	161
Senegal	16,744	8,923	70,7	4,823,724	36,6	168
Serra Leoa	7,977	4,593	23	6,039,615	79,6	182
Togo	8,279	4,796	43,3	3,843,885	75,1	167

FONTE: O autor, 2021. Referências: TRACKING SDG 7, 2019; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2021b; INDEXMUNDI, 2020a; TRADE ECONOMICS, 2020; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2020; UNITED NATIONS, 2020c; UNITED NATIONS, 2020d.

Já na TABELA 3, pode-se analisar a panorâmica dos indicadores econômicos, e perceber por que a Nigéria “a gigante africana” com um PIB de 432,30 bilhões de dólares, ainda assim, tem 70% da população vivendo abaixo da linha da pobreza e ser o segundo país mais corrupto entre os países da CEDEAO. É crucial, economicamente falando, salientar que o PIB não mede a qualidade de um país, pois, o mesmo está em constantes oscilações, entretanto, ter informações sobre estes aspectos é irrefutável para um projeto como o *H₂Atlas-Africa*, pois, o mesmo visa atuar principalmente no desenvolvimento

²⁶ ODS 7.1 - Até 2030, garantir o acesso universal a serviços de energia acessíveis, confiáveis e modernos.

sustentável e econômico desses países africanos através de uma economia de hidrogênio viável.

O consumo de energia per capita pode ser usado como um indicador da importância dos problemas que afetam estes países. Diante disso, quanto ao consumo de eletricidade per capita que é medido por Kilowatts hora (kWh) por habitante, observa-se que a Guiné-Bissau é o país com o consumo e o PIB mais baixo em relação aos outros países da CEDEAO, e Cabo Verde é o país com o índice mais alto no consumo de eletricidade per capita, de 630 kW/h por habitante, inclusive a paridade do poder de compra. A avaliação e comparação desses dados são importantes, pois, o aumento no consumo está relacionado ao grau de desenvolvimento do país e ao maior acesso a bens de consumo essenciais e a serviços de infraestrutura.

TABELA 3 - PANORÂMICA DOS INDICADORES ECONÓMICOS DE PAÍSES AFRICANOS DA CEDEAO

País	População abaixo da linha de pobreza (%)	PIB ²⁷ (bilhões de dólares)	Renda Nacional Bruta ²⁸ (PPC ²⁹ USD) ODS 8.5 ³⁰	Consumo de eletricidade per capita (kW/h por habitante)	Salário Mínimo (Moeda local = USD)
Benin	36,2	15,65	3323,14	89	31625 = 56,73
Burkina Faso	40,1	17,37	2160,51	74	34664 = 37,78
Cabo Verde	30	1,70	6045,06	630	15000 = 160,06
Costa de Marfim	46,3	61,35	5174,10	-	60000 = 107,62
Gâmbia	48,4	1,90	2159,44	130	1300 = 25,42
Gana	24,2	72,35	5304,98	319	141,5 = 23,48
Guiné ³¹	47	15,68	2670,82	44	-
Guiné-Bissau	67	1,43	1847,47	19	19030 = 34,13
Libéria ³²	54,1	2,95	1353,84	55	-
Mali	36,1	17,39	2216,77	153	40000 = 71,75
Níger	45,4	13,68	1196,88	47	30047 = 53,90
Nigéria	70	432,30	4916,72	115	18000 = 43,70
Senegal	46,7	24,91	3300,09	222	55000 = 133,33
Serra Leoa	70,2	3,87	1648,05	42	500000 = 48,79
Togo	55,1	7,57	2107,88	146	50000 = 89,69

FONTE: O autor, 2021. Referências: COUNTRYECONOMY, 2021; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2021b; INDEXMUNDI, 2020b; TRADE ECONOMICS, 2021; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2020; UNITED NATIONS, 2020c; UNITED NATIONS, 2020d.

²⁷ PIB – Produto Interno Bruto ou *GNP* - *Gross National Product* é o valor de todos os bens e serviços finais produzidos em uma nação durante um ano.

²⁸ Renda Nacional Bruta - é um indicador utilizado para avaliar as condições socioeconômicas de um país. Ela é calculada a partir da soma de todos os rendimentos de um país durante o ano: salários, lucros, juros, honorários, aluguéis, etc.

²⁹ PPP - *Purchasing Power Parity* ou PPC - Paridade do poder de compra, procura medir o quanto uma determinada moeda pode comprar em termos internacionais (normalmente dólar), já que bens e serviços têm diferentes preços de um país para outro, ou seja, relaciona o poder aquisitivo de tal pessoa com o custo de vida do local, se ele consegue comprar tudo que necessita com seu salário.

³⁰ ODS 8.5 - Até 2030, alcançar o emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todas as mulheres e homens, inclusive para os jovens e as pessoas com deficiência, e remuneração igual para trabalho de igual valor.

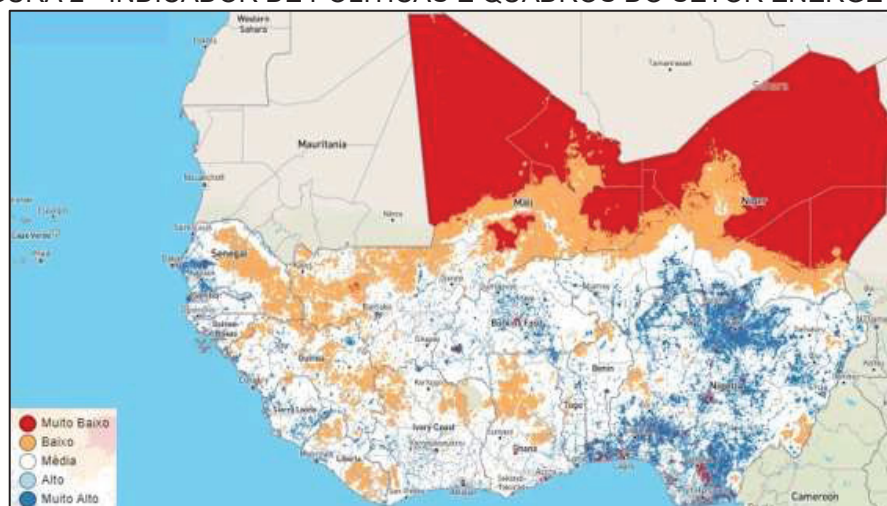
³¹ Guiné - Não há salário mínimo nacional estabelecido legalmente.

³² Libéria – Salário Mínimo - LD\$ 15 dólares liberianos por hora não superior a 8 horas por dia, excluindo benefícios, para trabalhadores não qualificados; LD\$ 4200 por mês para os funcionários públicos.

energéticas futuras. Em relação ao desempenho atual é medido pela segurança e intensidade energética, dependência da biomassa tradicional, do investimento e do uso de fontes de energia renovável. As políticas energéticas abrangem as políticas públicas, a promoção de energia renovável e o acesso universal às metas de combustível limpo e eletricidade.

Sendo assim, percebe-se que quase todos os países da CEDEAO se apresentam preparados para receber estas novas políticas. Nitidamente com pontos médios, e segundo suas necessidades, é necessário que estes países apresentem quadros abertos à essas estratégias energéticas, para que os mesmos se beneficiem positivamente desse projeto. No entanto, observa-se que apenas a Guiné apresenta níveis muito baixos, evidenciando ser o país onde políticas mais rígidas precisarão ser empregues.

FIGURA 2 - INDICADOR DE POLÍTICAS E QUADROS DO SETOR ENERGÉTICO



FONTE: Adaptado de H₂ATLAS (2020).

O indicador do quadro político e regulatório conforme apresentado na FIGURA 3, apresenta a avaliação da viabilidade de investimento e o quadro de governança em relação aos projetos de hidrogênio verde. Os dois índices de compósitos são baseados na metodologia *Doing Business*³³ e no Índice Mundial de Governança (WORDBANK, 2021) normalizadas para a região.

³³ Índice de facilidade de fazer negócios.

FIGURA 3 - INDICADOR DE ESTRUTURA POLÍTICA E REGULATÓRIA

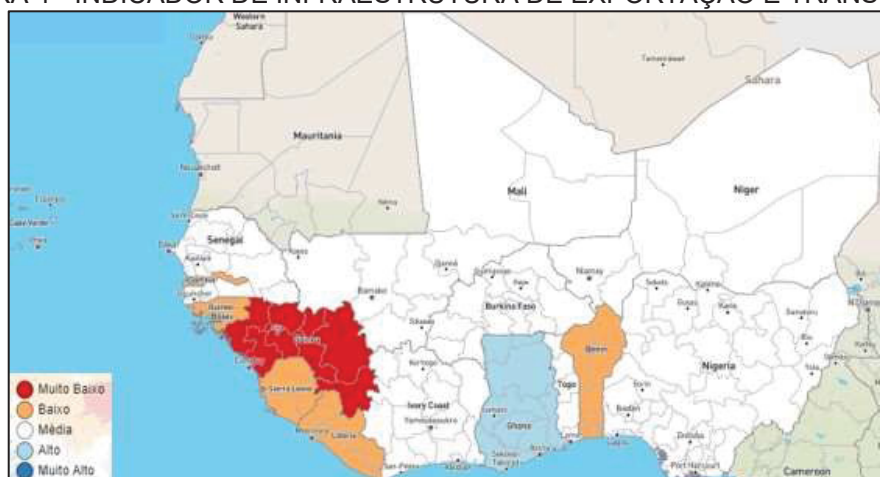


FONTE: Adaptado de H2ATLAS (2020).

Pelos níveis baixos presentes no mapa, observa-se que quanto a esse indicador haverá inúmeras dificuldades, entretanto, apesar das observações não serem satisfatórias de acordo com o *CPI*, os países da CEDEAO se apresentam abertos para o sucesso do projeto.

Na FIGURA 4, é ilustrado o indicador de infraestrutura de exportação e transporte que abrange os desempenhos da infraestrutura de exportação, transporte e eletricidade. Inclui, também, o custo e a facilidade de exportação com base na metodologia *Doing Business* e na infraestrutura portuária existente, e observa-se que a maioria dos países apresentam níveis aptos e facilitadores para este indiciador. Já países como Guiné, Guiné-Bissau, Gâmbia, Benin, Serra Leoa, e a Libéria apresentam níveis baixos indicando assim a necessidade de construção de uma infraestrutura adequada.

FIGURA 4 - INDICADOR DE INFRAESTRUTURA DE EXPORTAÇÃO E TRANSPORTE



FONTE: Adaptado de H2ATLAS (2020).

A região da CEDEAO possui significativos recursos de energias renováveis, técnica e economicamente viáveis para a produção de H_2 , como pode-se observar em tempo real no mapa do *H₂ATLAS-AFRICA*, o que propicia também um ultimar ao cenário regional de comércio de eletricidade do projeto *WAPP*³⁴ (WAPP, 2021).

4.1.2 Fatores tecno-econômicos³⁵

Para a produção de energia a partir de sistemas solares fotovoltaicos de campo aberto é apresentado um custo médio nivelado de eletricidade – *LCOE*. Desta forma, a FIGURA 5 mostra que o Mali, Niger, Senegal, Guiné, norte da Costa de Marfim e do Togo, Benin, centro da Nigéria, Gambia e Guiné-Bissau possuem de 34.16 a 39.04 USD/MWh. Já no sul da Nigéria e da Serra Leoa, Benin, Togo, Gana, centro da Costa de Marfim e no oeste de Libéria possuem 39.04 a 46.36 USD/MWh.

FIGURA 5 – LCOE MÉDIO PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS



FONTE: Adaptado de *H₂ATLAS* (2020).

³⁴ *WAPP* - *West África Power Pool* ou Grupo da Energia da África Ocidental visa promover e desenvolver infraestruturas de geração e transmissão de energia, bem como coordenar o intercâmbio de energia entre países da CEDEAO.

³⁵ Modelo de progresso que incorpora um conjunto fixo de tecnologias (que impactam fortemente na economia e na sociedade) em torno das quais se desempenha a inovação e a atividade econômica.

Na FIGURA 6 observa-se que apenas nos países da zona costeira como Senegal, Guiné-Bissau, Guine, Serra Leoa, Libéria, Costa de Marfim, Gana, Togo, Benin e Nigeria o custo médio nivelado de eletricidade para a produção de energia a partir de turbinas eólicas é de 183.00 a 1168.76 USD/MWh para produção de energia a partir de turbinas *offshore*.

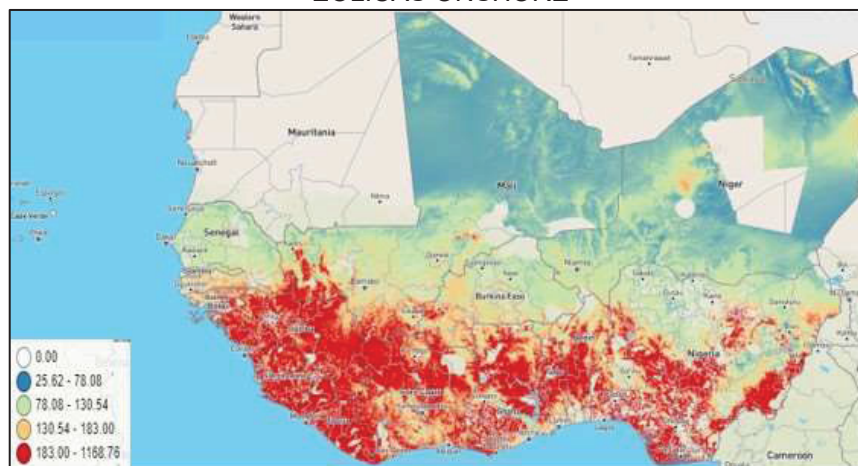
FIGURA 6 – LCOE MÉDIO PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE TURBINAS EÓLICAS OFFSHORE



FONTE: Adaptado de H₂ATLAS (2020).

Já para turbinas *onshore* como observa-se na FIGURA 7, países como Senegal, Gâmbia, Mali, Burkina Faso, Níger e o norte da Nigéria possuem 25.62 a 130.54 USD/MWh. E em países como Guiné-Bissau, Guiné, Serra Leoa, Libéria, Costa de Marfim, Gana, Togo e o sul do Benin e da Nigéria possuem variações possíveis de 130.54 até 1168.76 USD/MWh.

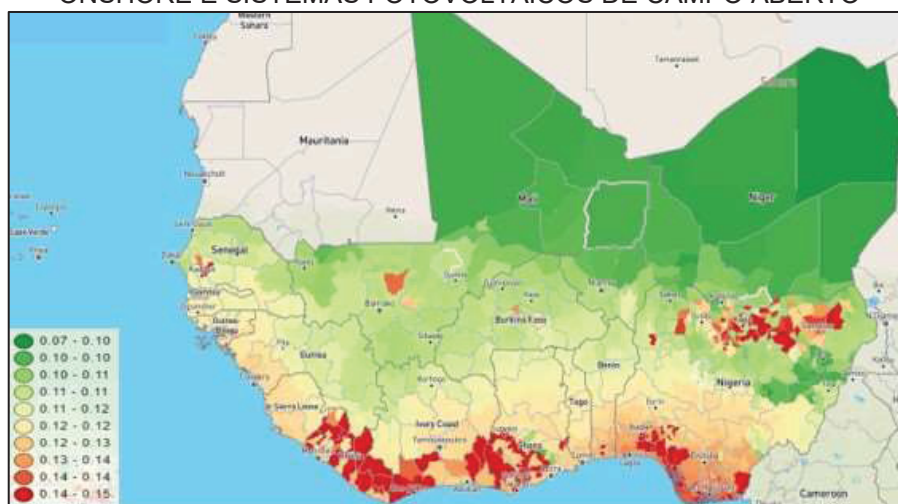
FIGURA 7 – LCOE MÉDIO PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE TURBINAS EÓLICAS ONSHORE



FONTE: Adaptado de H₂ATLAS (2020).

Quanto ao custo nivelado de hidrogênio - $LCOH^{36}$, para a produção de hidrogênio verde a partir da energia eólica *onshore* e sistemas fotovoltaicos de campo aberto por cada região, a FIGURA 8 mostra que países como Mali, Niger, Burkina Faso possuem de 0.07 a 0.12 USD/kWh, o que evidencia um custo de venda positivo, e maior taxa de retorno do investimento.

FIGURA 8 – LCOH MÉDIO PARA A PRODUÇÃO DE H_2 A PARTIR DE TURBINAS EÓLICAS ONSHORE E SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE CAMPO ABERTO

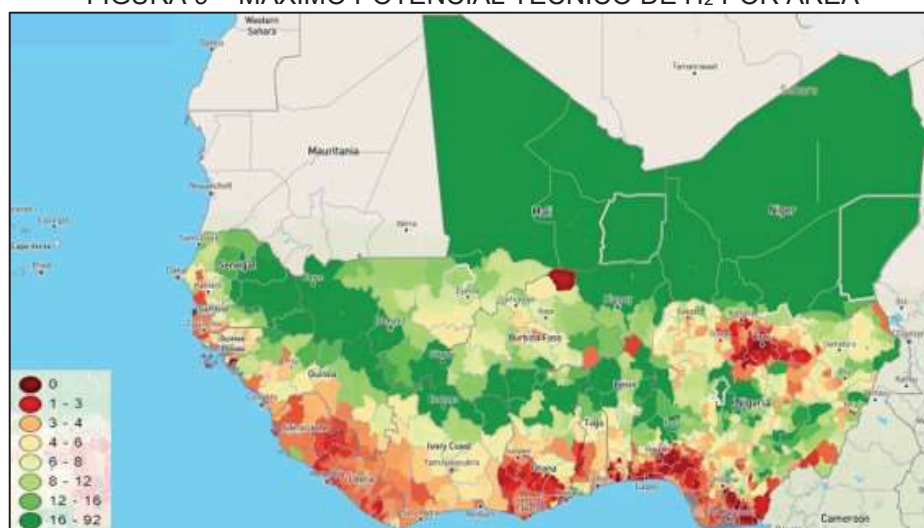


FONTE: Adaptado de H₂ATLAS (2020).

Já os países restantes com um custo de 0.13 a 0.15 USD/kWh indicam que o preço será mais alto e posteriormente o retorno do investimento será menor. Os valores aqui retratados representam o custo unitário médio para produzir 1% do potencial teórico máximo.

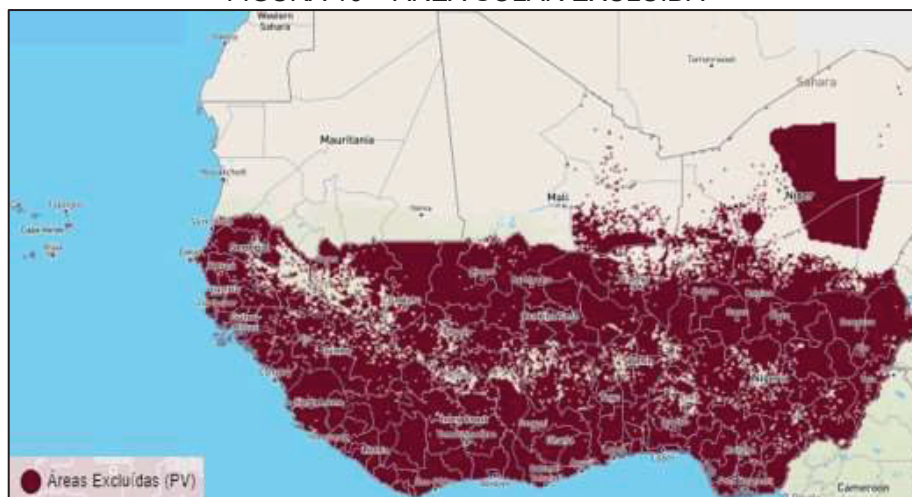
O potencial técnico de H_2 por área representa a quantidade teoricamente produtível de hidrogênio de cada região. Essa quantidade é limitada apenas pelas restrições de elegibilidade da terra e pela energia disponível pela entrada de energia (eólica e solar). A FIGURA 9 mostra que países da CEDEAO mais a sul, como a Gâmbia, Guiné-Bissau, Serra Leoa, Libéria, Gana, Togo, Costa do Marfim, Nigéria e Benin possuem índices de 0 a 6 kWh/(a*m²). O Senegal, Guiné, Costa do Marfim, Burkina Faso, Gana, Togo, Benin e a Nigéria possuem níveis de até 92 kWh/(a*m²) tal como o Mali e o Niger.

³⁶ Metodologia usada para contabilizar todos os custos de capital e operacionais de produção de hidrogênio. Permite que diferentes rotas de produção sejam comparadas em uma base semelhante.

FIGURA 9 – MÁXIMO POTENCIAL TÉCNICO DE H₂ POR ÁREAFONTE: Adaptado de H₂ATLAS (2020).

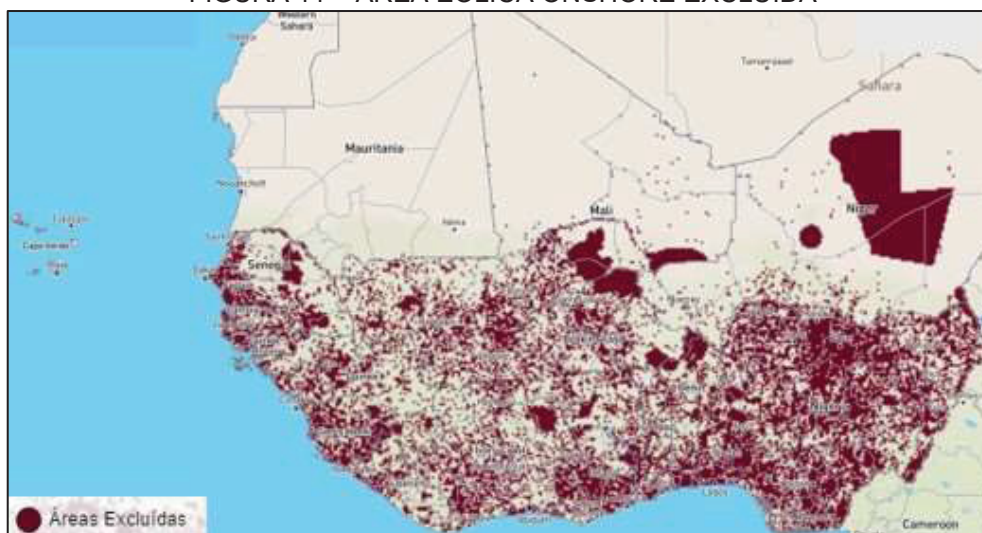
A FIGURA 10 informa sobre as áreas solares excluídas declaradas não elegíveis para a construção de parques fotovoltaicos de campo aberto devido a vários fatores como restrições ecológicas, sociopolíticas e físicas (conservação da natureza, assentamentos ou superfícies da água).

FIGURA 10 – ÁREA SOLAR EXCLUÍDA

FONTE: Adaptado de H₂ATLAS (2020).

Semelhante ao apresentado e observado na FIGURA 10, o mesmo acontece para construção de turbinas eólicas *onshore*, como observa-se na FIGURA 11.

FIGURA 11 – AREA EOLICA ONSHORE EXCLUIDA



FONTE: Adaptado de H₂ATLAS (2020).

Já as áreas declaradas não elegíveis para a construção de turbinas eólicas *offshore* como observa-se na FIGURA 12, foram excluídas devido a conservação da natureza, dinâmica da costa e profundidade da água, ao contrário das áreas legíveis que foram consideradas por conta das zonas econômicas.

FIGURA 12 - AREA EOLICA OFFSHORE EXCLUIDA



FONTE: Adaptado de H₂ATLAS (2020).

As águas subterrâneas disponíveis como ilustradas na FIGURA 13, são potenciais insumos de rendimento sustentável para a produção de hidrogênio verde que juntamente com as fontes solares e eólicas, poderão manter a exploração de H₂ normalizada por um longo tempo.

FIGURA 13 – ÁGUAS SUBTERRANEAS DISPONÍVEIS



FONTE: Adaptado de H₂ATLAS (2020).

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Apesar do abundante potencial de produção de energias renováveis existente na África Ocidental, as redes de distribuição da região não estão, por enquanto, preparadas para lhe dar respostas.

Países investidores na África como a Alemanha, nesse caso, antes mesmo da tomada de decisão e firmarem um acordo, realizam análises socioambientais e econômicas e de investimentos (*due diligence*) com base em diversas ferramentas, seja *payback*, valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), softwares e sistemas computacionais, índice de corrupção, dívida pública (interna e externa), IDH e taxa de crescimento da produção industrial.

Tal como é importante para países investidores realizarem essas análises de antemão, de igual modo é importante que países africanos apresentem dados satisfatórios, ou objetivos definidos que levem à melhoria dos indicadores socioambientais e econômicos. Posto isso, os acordos de investimentos não se pautarão somente na promessa de melhorar alguns dos défices encontrados, pois, são de responsabilidade interna, mas sim se pautarão na contribuição do avanço tecnológico e na matriz energética regional, fator crucial do projeto.

Dessa forma, os países da CEDEAO, envolvidos no projeto, precisam antes desenvolver novas vantagens comparativas, isso significa, antes de

atender as demandas internacionais é necessário e extremamente importante que se façam reformas que atendam às necessidades internas, como melhoria nos contextos de base (educação, saúde e saneamento), uma indústria alimentícia adequada, autossuficiência na geração de eletricidade seja em energias renováveis, e posteriormente hidrogênio verde, medidas para impulsionar a industrialização em certos domínios que necessitam de políticas estratégicas comerciais, comprometimento e responsabilidade profissional, e por fim, necessitam de profundas reestruturações morais e cívicas dentro dos setores públicos.

A Alemanha também enfrenta oscilações internas, o aumento nos custos de energia por conta da transição energética, a redução na capacidade do transporte de cargas, e principalmente no pilar da sua economia, no setor manufatureiro. Segundo relatórios recentes a data de publicação desse artigo, cerca de 12,9 milhões de pessoas na Alemanha têm uma renda inferior a 60% da média e, estão ameaçadas pela pobreza. À vista disso, entidades alemãs preveem a necessidade de reformas na política econômica, fiscal e trabalhista.

O projeto *H₂ATLAS-AFRICA* está em fase inicial, logo, é intangível dizer se o mesmo trará uma mudança energética, ou uma melhoria socioeconômica nos países africanos envolvidos.

REFERÊNCIAS

AFRICAN CONTINENTAL FREE TRADE AREA - AFCFTA. **About AfCFTA**. 2021. Disponível em: <https://afcfta.au.int/en>. Acesso em: 06 ago. 2021.

AFRICAN HYDROGEN PARTNERSHIP. **Overview**. 2021. Disponível em: <https://www.afr-h2-p.com/>. Acesso em: 14 ago. 2021.

AFRICAN UNION COMMISSION et al. **Dinâmicas do desenvolvimento em África**. Transformação digital e empregos de qualidade. 2021.

AFRICAN UNION. **Agenda 2063**: The Africa We Want. 2020a. Disponível em: <https://au.int/agenda2063/overview>. Acesso em: 06 ago. 2021.

AFRICAN UNION. **Our Aspirations for the Africa We Want**. 2020b. Disponível em: <https://au.int/en/agenda2063/aspirations>. Acesso em: 06 ago. 2021.

AKOUTOU, Ablam Benjamin et al. **Compreender a integração regional na África Ocidental**—Uma análise multitemática e comparativa. 2014.

ALVES, Helton José. Aula de Tecnologias de Produção de Hidrogênio. Programa de Pós-graduação em Bioenergia. **UFPR**, 2018. Disponível em: <http://www.palotina.ufpr.br/portal/bioenergia/wp-content/uploads/sites/5/2018/05/Aula-Hidrog%C3%AAnio-Prof.-Helton-Jos%C3%A9-Alves.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2021.

ALVES, M. M.; ABREU, A. A. **Produção de hidrogênio a partir de resíduos**. 2006.

AYODELE, T. R.; MUNDA, J. L. Potential and economic viability of green hydrogen production by water electrolysis using wind energy resources in South Africa. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 44, n. 33, p. 17669-17687, 2019.

BANCO DE DESENVOLVIMENTO DA AMÉRICA LATINA. **Hidrogênio e sua relação com as energias renováveis e excedentes**. 2021. Disponível em: <https://www.caf.com/pt/conhecimento/visoes/2021/02/hidrogenio-e-sua-relacao-com-as-energias-renovaveis-e-excedentes/>. Acesso em: 01 ago. 2021.

BANCO MUNDIAL. Área de Livre Comércio Continental Africana: Efeitos Econômicos e Distributivos. **Washington, DC**: Banco Mundial. 2020. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/34139> Licença: CC BY 3.0 IGO.

BERG, Kim. Promover o desenvolvimento com hidrogênio. **Deutschland.de**, 2021. Disponível em: <https://www.deutschland.de/pt-br/topic/meio-ambiente/virada-energetica-producao-internacional-de-hidrogenio-verde>. Acesso em: 05 ago. 2021.

BHAGWAT, Swetha; OLCZAK, Maria. Green hydrogen: bridging the energy transition in Africa and Europe. **European University Institute**, 2020.

BLOCK, Jane Mara et al. **Formulação de gorduras hidrogenadas através de redes neurais**. 1997.

CANASTRA, Fernando. OCDE, et al. (2013). Perspectivas económicas em África, 2013. Transformação estrutural e recursos naturais em África. Edições OCDE. **Revista Electrónica de Investigação e Desenvolvimento**, n. 4, 2015.

CASTRO, Fidel. Discurso pronunciado por el comandante Fidel Castro Ruz, primer ministro del gobierno revolucionario, en la concentración celebrada a su llegada del extranjero, en la **Plaza Cívica**, el 8 de mayo de 1959. Disponível em: <http://www.cuba.cu/gobierno/discursos/1959/esp/f080559e.html>. Acesso em: 18 ago. 2021.

CATSOSSA, Lucas Atanásio. Globalização do capitalismo extrativista, recursos naturais e o neocolonialismo na África: desafios e perspectivas para Moçambique. **ENTRE-LUGAR**, v. 12, n. 23, p. 310-355, 2021.

CAZULA, Bárbara Bulhões et al. Desempenho de catalisadores Ni/Si-MCM-41 na reforma a seco do metano para geração de H₂: avaliação de TEOS e cinzas de casca de arroz como fontes de sílica no preparo do suporte catalítico. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 26, 2021.

CLERCQ, Willem de et al. Water Research in southern Africa: Data collection and innovative approaches towards climate change adaption in the water sector. **Climate change and adaptive land management in southern Africa- assessments, changes, challenges, and solutions**, v. 6, p. 54-65, 2018.

CLIMAINFO. **Transição energética está “travada” na África, alertam especialistas**. 2021. Disponível em: <https://climainfo.org.br/2021/01/13/transicao-energetica-esta-travada-na-africa-alertam-especialistas/>. Acesso em: 24 ago. 2021.

CONSELHO DE PROMOÇÃO DA FINLÂNDIA. Proteínas e energias vindas do ar: Projetos Finlandeses capturam valor em CO₂. **Ministério das Relações Exteriores, Departamento de Comunicação**, 2021. Disponível em: <https://finland.fi/pt/negocios-amp-inovacao/proteina-e-energia-vindas-do-ar-projetos-finlandeses-capturam-valor-em-co2/>. Acesso em: 05 ago. 2021.

COSTA, Rosangela Lúcio et al. **Produção de Hidrogênio e Etanol a partir da alga verde Chlamydomonas reinhardtii**. 2014.

COUNTRYECONOMY. **Salário mínimo nacional**. 2021. Disponível em: <https://pt.countryeconomy.com/mercado-laboral/salario-minimo-nacional>. Acesso em: 18 ago. 2021.

DA SILVA BERNARDO, Julia Vieira; DE MORAIS ARAÚJO, Aruzza Mabel; BRAGA, Tiago Pinheiro. **MÉTODOS TERMOQUÍMICOS DE CONVERSÃO DE BIOMASSA**.

DE ANDRADE, Vicente José Pinto. **Desenvolvimento sustentável e economia verde e o quadro pós-2015**. 2013.

DE CASTRO, Nivalde et al. Perspectivas da Economia do Hidrogênio no Setor Energético Brasileiro. UFRJ. **GESEL**, 2021. Disponível em: http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/39_castro_2021_07_14.pdf. Acesso em: 05 ago. 2021.

DE OLIVEIRA MEDEIROS, Cintia Rodrigues; DE GODOI, Alexandre Franco. Anatomia da corrupção transnacional: desvendando as teias e trilhas do dinheiro sujo em negócios legítimos. **Revista Eletrônica de Negócios Internacionais: Internext**, v. 16, n. 1, p. 89-109, 2021.

DE SOUSA NASCIMENTO, Talita. Indicadores Sociais: noções básicas.

DEUTSCHE WELLE - DW. **Comunidade Económica dos Estados da África Ocidental (CEDEAO)**. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-002/comunidade-econ%C3%B3mica-dos-estados-da-%C3%A1frica-ocidental-cedeo/t-19407566>. 2021. Acesso em: 17 jul. 2021.

ECREEE. **Overview of ECREEE**. 2013. Disponível em: <http://www.ecreee.org/page/overview-ecreee>. Acesso em: 14 ago. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGETICA. **Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio**. 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/Hidrogeno%CC%82nio_23Fev2021NT%20\(2\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/Hidrogeno%CC%82nio_23Fev2021NT%20(2).pdf). Acesso em: 01 ago. 2021.

ENERGIAS DE PORTUGAL. **Conheça os superpoderes do hidrogênio**. 2018. Disponível em: <https://www.edp.com/pt-pt/historias-edp/os-superpoderes-do-hidrogenio>. Acesso em: 07 ago. 2021.

ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY. Hydrogen Fuel Basics. **Hydrogen and Fuel Cell Technologies Office**, 2021 Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-fuel-basics>. Acesso em: 05 ago. 2021.

ENGIE. Hidrogênio combustível: a chave para um futuro neutro em carbono. **Além da energia**, 2021. Disponível em: <https://www.alem-da-energia.com.br/hidrogenio-a-chave-para-um-futuro-neutro-em-carbono/>. Acesso em: 01 ago. 2021.

ERERA. **Overview**. 2021. Disponível em: <https://www.erera.arrec.org/en/about-erera/overview/>. Acesso em: 14 ago. 2021.

EUROPEAN COMMISSION. **Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions.** 2020. Disponível em: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf. Acesso em: 06 ago. 2021.

EXPRESSO DAS ILHAS. Cabo Verde é "democracia imperfeita" e nenhum país lusófono classificado como "democracia plena" em 2020. **LUSA**, 2021. Disponível em: <https://expressodasilhas.cv/politica/2021/02/03/cabo-verde-e-democracia-imperfeita-e-nenhum-pais-lusofono-classificado-como-democracia-plena-em-2020/73221>. Acesso em: 03 ago. 2021.

FERREIRA, Aline Rose et al. **Perspectivas de futuro no uso do hidrogênio como recurso renovável na matriz energética.** 2020.

GIODA, Adriana; TONIETTO, Gisele Birman; LEON, Antonio Ponce de. Exposição ao uso da lenha para cocção no Brasil e sua relação com os agravos à saúde da população. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 3079-3088, 2019.

HEINZELLER, Dominikus et al. The WASCAL high-resolution regional climate simulation ensemble for West Africa: concept, dissemination and assessment. **Earth System Science Data**, v. 10, n. 2, p. 815-835, 2018.

HEYNES, George. Green hydrogen could spearhead socioeconomic development in Africa. **H2 View**, 2021. Disponível em: <https://www.h2-view.com/story/green-hydrogen-could-spearhead-socioeconomic-development-in-africa/>. Acesso em: 08 ago. 2021.

HUANG, Yuan-Sheng; LIU, Shi-Jian. Chinese green hydrogen production potential development: A provincial case study. **IEEE Access**, v. 8, p. 171968-171976, 2020.

IBGE. **Síntese de Indicadores Sociais.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9221-sintese-de-indicadores-sociais.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 03 ago. 2021.

INDEXMUNDI. **Consumo de eletricidade per capita varia de acordo com o país.** 2020a. Disponível em: <https://www.indexmundi.com/map/?t=0&v=81000&r=af&l=pt>. Acesso em: 13 ago. 2021.

INDEXMUNDI. **População abaixo do nível da pobreza.** 2020b. Disponível em: <https://www.indexmundi.com/g/r.aspx?v=69&l=pt>. Acesso em: 10 ago. 2021.

INTERNACIONAL COUNCIL ON MINING & METALS. **EITI.** 2021. Disponível em: <https://www.icmm.com/pt/society-and-the-economy/governance-and-transparency/eiti>. Acesso em: 14 ago. 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Carbon capture, utilisation and storage**. 2021a. Disponível em: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/carbon-capture-utilisation-and-storage>. Acesso em: 04 ago. 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Eletricity**. 2021b. Disponível em: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/electricity>. Acesso em: 13 ago. 2021.

JACINTHO, Vinícius; KROENKE, Adriana. Indicadores econômico-financeiros de empresas brasileiras: uma comparação entre setores. **REVISTA AMBIENTE CONTÁBIL-Universidade Federal do Rio Grande do Norte-ISSN 2176-9036**, v. 13, n. 1, p. 90-113, 2021.

JORNAL DE NOTÍCIAS. **Taxa de pobreza em África regride para os níveis de 2011**, 2020. Disponível em: <https://www.jn.pt/economia/taxa-de-pobreza-em-africa-regride-para-os-niveis-de-2011-13117765.html>. Acesso em: 05 ago. 2021.

KASPAR, Frank et al. The SASSCAL contribution to climate observation, climate data management and data rescue in Southern Africa. **Advances in science and research**, v. 12, n. 1, p. 171-177, 2015.

KIM, Jay-Hyung; FALLOV, Jonas ARP; GROOM, Simon. Public Investment Management Reference Guide, WBG Publication. **International Development in Practice**, 2021. Disponível em: <https://www.pefa.org/resources/public-investment-management-reference-guide-wbg-publication>. Acesso em: 16 ago. 2021.

KÖLBEL, Matthias. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als wissenschaftspolitischer Akteur. In: Handbuch Wissenschaftspolitik. **Springer VS, Wiesbaden**, 2016. p. 533-548.

KOSTA, E. Kafft. Corrupção, transparência, boa governação e democracia: regime jurídico-internacional e interno. **Revista Opinião Jurídica (Fortaleza)**, v. 18, n. 27, p. 192-209, 2020.

LUBER, Klaus. A estratégia do hidrogênio. **Deutschland.de**, 2021. Disponível em: <https://www.deutschland.de/pt-br/topic/meio-ambiente/hidrogenio-a-chave-para-a-virada-energetica>. Acesso em: 06 ago. 2021.

LUNDGREN, Charlotte J.; THOMAS, Alun H.; YORK, Robert C. Expansão, contração ou prosperidade? A gestão das riquezas de recursos naturais na África Subsaariana. **Washington: Fundo Monetário Internacional**, 2013.

MATEUS, Noé. **(DES)INDUSTRIALIZAÇÃO, PETRÓLEO E OS EFEITOS DA “DOENÇA HOLANDESA1” EM ANGOLA**. 2020. Disponível em: <https://www.cinvestec.com/wp-content/uploads/2020/04/ARTIGO-INDUSTRIALIZA%C3%87%C3%83O-PETROLEO-E-A-DOEN%C3%87A-HOLANDESA-EM-ANGOLA-26-Set-2016RIG.pdf>. Acesso em: 24 set. 2021.

MOSCA, Lorena et al. Process design for green hydrogen production. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 45, n. 12, p. 7266-7277, 2020.

MOURAHIB, Mustapha et al. FOCUS ON HYDROGEN: A NEW ENERGY. **Clifford Chance**, 2021. Disponível em: <https://www.cliffordchance.com/briefings/2021/01/focus-on-hydrogen--a-new-energy-frontier-for-africa.html>. Acesso em: 01 ago. 2021.

MOURÃO, Gabrielle A. et al. **Produção de hidrogênio por reação de reforma seca do metano utilizando catalisadores de níquel suportados em perovskitas contendo alumínio no sítio B**. 2021.

MOYO, Sam; SILL, Michael; O'KEEFE, Phil. The southern African environment: Profiles of the SADC countries. **Routledge**, 2014.

NIRANJAN, Ajit. Crescimento verde: África escolhe entre combustíveis fósseis e renováveis. **DW**, 2019. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-002/crescimento-verde-%C3%A1frica-escolhe-entre-combust%C3%ADveis-f%C3%B3sseis-e-renov%C3%A1veis/a-51551627>. Acesso em: 24 ago. 2021.

PAGINAJOURNAL. **O hidrogênio requer um 'grande projeto' na parceria UE-África**. 2021. Disponível em: <https://paginajournal.com/o-hidrogenio-requer-um-grande-projeto-na-parceria-ue-africa/>. Acesso em: 05 ago. 2021.

PARAHOS, Ranulfo et al. Construindo indicadores sociais: uma revisão da bibliografia especializada. Perspectivas: **Revista de Ciências Sociais**, v. 44, 2013.

PARES, Ariel Cecílio Garces. **Curso Completo ASP: ciclo de gestão do investimento público**. 2015.

PETRESCU, Relly Victoria et al. Green Energy to Protecting the Environment (Energia Verde Para Proteger O Meio Ambiente). **GEINTEC Journal**, v. 7, n. 1, 2017.

PFLUGMANN, Fridolin; DE BLASIO, Nicola. The Geopolitics of Renewable Hydrogen in Low-Carbon Energy Markets. **Geopolitics, History, and International Relations**, v. 12, n. 1, p. 9-44, 2020.

PINCELI, Carlos Ricardo. Lavoisier, Antoine Laurent (1743-1794). **UNICAMP**, 2019. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/person/lavoisie.htm>. Acesso em: 03 ago. 2021.

PORTAL CIENCIA.AO. **Projectos que Beneficiarão de Financiamento no SASSCAL 2.0 aprovados na 10ª Reunião Extraordinária do Conselho de Administração do SASSCAL**. Disponível em: <https://ciencia.ao/noticias/ciencia/item/1072-projectos-que-beneficiarao-de-financiamento-no-sasscal-2-0-aprovados-na-10-reuniao-extraordinaria-do-conselho-de-administracao-do-sasscal>. 2020. Acesso em: 17 jul. 2021.

POSADA, Rafael et al. Improving the climate data management in the meteorological service of Angola: experience from SASSCAL. **Advances in Science and Research**, v. 13, p. 97-105, 2016.

QUINGUAIA, Josemar R. C. C. et al. Doença Holandesa na Angola: a exportação do petróleo e a não-industrialização efetiva. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas), **Universidade Candido Mendes**, 2018, (no prelo).

RABIEE, Abbas; KEANE, Andrew; SOROUDI, Alireza. Technical barriers for harnessing the green hydrogen: A power system perspective. **Renewable Energy**, v. 163, p. 1580-1587, 2021.

SADC. **SADC Overview**. 2012. Disponível em: <https://www.sadc.int/about-sadc/overview/>. Acesso em: 01 ago. 2021.

SANTOS, Dyovani Bruno Lima; NORONHA, Fabio Bellot; HORI, Carla Eponina. Bi-reforming of methane for hydrogen production using LaNiO₃/CexZr_{1-x}O₂ as precursor material. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 45, n. 27, p. 13947-13959, 2020.

SANTOS, Fernando Miguel; SANTOS, Fernando António. Combustível" hidrogénio". **Millenium**, p. 252-270, 2005.

SANTOS, Vitor Manuel. O PAPEL DO HIDROGÊNIO NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA MUNDIAL E SEUS DESDOBRAMENTOS NO SISTEMA ENERGÉTICO BRASILEIRO. **A geopolítica da energia do século XXI**, 2021.

SELASSIE, A. A. and HAKOBYAN, S. Six Charts Show Challenges Faced by Sub-Saharan Africa, **IMF Country Focus**, 2021, Disponível em: <https://www.imf.org/en/News/Articles/2021/04/12/na041521-six-charts-show-the-challenges-faced-by-sub-saharan-africa>. Acesso em: 13 jul. 2021.

SHAH, Obaid. Economia de hidrogênio da África: potencial inexplorado para fornecimento de hidrogênio verde. **H2 Bulletin**, 2021. Disponível em: <https://www.h2bulletin.com/africa-hydrogen-economy/>. Acesso em: 01 ago. 2021.

SILVA, Barbara. Do cinzento ao verde, passando pelo azul. Porque tem o hidrogénio tantas cores? **ECO**, 2020. Disponível em: <https://eco.sapo.pt/2020/07/30/do-cinzento-ao-verde-passando-pelo-azul-porque-tem-o-hidrogenio-tantas-cores/>. Acesso em: 29 jul. 2021.

SILVEIRA, Marcelo Garcia; ANGELI, Eduardo; SALOMÃO, Ivan Colangelo. Novo-Desenvolvimentismo: Uma Sistematização Teórica. **Revista Economia Ensaios**, v. 36, n. 2, 2021.

SISTEMA GLOBAL DE INFORMAÇÃO SOBRE BIODIVERSIDADE. **SASSACAL Angola**. Disponível em: <https://www.gbif.org/pt/publisher/f5d5c17e-2ac1-4a2a-8908-37c4bb38024b>. Acesso em: 17 jul. 2021.

SMINK, Veronica. Hidrogênio verde: os 6 países que lideram a produção do 'combustível do futuro'. **BBC News Mundo**, 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-56604972>. Acesso em: 29 jul. 2021.

SOUZA, Cleuzane R.; SILVA, Fernando C. Discutindo o contexto das definições de ácido e base. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 1, p. 14-18, 2018.

SUPPORTING EU-AFRICAN COOPERATION ON RESEARCH INFRASTRUCTURES FOR FOOD SECURITY AND GREENHOUSE GAS OBSERVATIONS. Southern African Science Service Centre for Climate Change and Adaptive Land Management. **Greenhouse Gas Observation & Climate-Smart Agriculture**, 2020. Disponível em: <https://www.seacrifog.eu/team/sasscal/>. Acesso em: 18 jul. 2021.

TAMBOR, José Humberto Machado; RODRIGUES, Anselmo; DA COSTA, Flávio Garcia. ESTUDO DA VIABILIDADE DA ADIÇÃO DE GÁS HIDROGÊNIO GERADO POR ELETROLÍSE DA ÁGUA EM UM MOTOR DOIS TEMPOS À GASOLINA. **Caleidoscópio**, v. 12, n. 1, p. 11-17, 2020.

TRACKING SDG 7. **The Energy Progress Report**. 2019. Disponível em: <https://trackingsdg7.esmap.org/>. Acesso em: 24 out. 2021.

TRADE ECONOMICS. **PIB: Lista de Países**, África. 2021. Disponível em: <https://pt.tradingeconomics.com/country-list/gdp?continent=africa>. Acesso em: 16 ago. 2021.

TRANSPARENCY INTERNACIONAL. **Corruption Perceptions Index**. Disponível em: <https://www.transparency.org/en/cpi/2020/index/ben>. Acesso em: 13 ago. 2021.

TRIANGULOATLANTICO. **A Questão Energética em África**. 2016. Disponível em: <http://trianguloatlantico.org/index.php/2016/10/02/a-questao-energetica-em-africa/>. Acesso em: 24 ago. 2021.

ULLAH, Hasseb. Tunisia aims for the export-oriented hydrogen industry. **H2 Bulletin**, 2021. Disponível em: <https://www.h2bulletin.com/tunisia-export-hydrogen-industry/>. Acesso em: 09 ago. 2021.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME and AFRICAN DEVELOPMENT BANK. **Atlas Of Africa Energy Resources**. 2017. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/20476;jsessionid=749AD4854F81588DB4A0304D8AEA5BF8>. Acesso em: 04 ago. 2021.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Latest Human Development Index Ranking**. 2020. Disponível em: <http://hdr.undp.org/en/content/latest-human-development-index-ranking>. Acesso em: 10 ago. 2021.

UNITED NATIONS. Human Development Index (HDI) Ranking. United Nations Development Programme. **Human Development Reports**, 2020d. Disponível em: <http://hdr.undp.org/en/content/latest-human-development-index-ranking>. Acesso em: 10 ago. 2021b.

UNITED NATIONS. OVERVIEW. Department of Economic and Social Affairs: **Sustainable Development**, 2020b. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals/goal7>. Acesso em: 06 ago. 2021.

UNITED NATIONS. **Take Action for the Sustainable Development Goals**. 2020b. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>. Acesso em: 06 ago. 2021.

UNITED NATIONS. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. **Department of Economic and Social Affairs**, 2020a. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 24 out. 2021.

UNITED NATIONS. World Urbanization Prospects 2018. Department of Economic and Social Affairs: **Population Dynamics**, 2020c. Dados personalizados adquiridos via site. Disponível em: <https://population.un.org/wup/DataQuery/>. Acesso em: 10 ago. 2021.

UNIVERSITY OF CENTRAL FLORIDA. "New nanomaterial can extract hydrogen fuel from seawater: Hybrid material converts more sunlight and can weather seawater's harsh conditions." ScienceDaily. **ScienceDaily**, 4 October 2017. Disponível em: www.sciencedaily.com/releases/2017/10/171004162013.htm. Acesso em: 08 ago. 2021.

VARGAS, Reinaldo A. et al. Hidrogênio: o vetor energético do futuro. São Paulo: Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais (CCTM), **Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)**, 2006.

VICENZO, Giacomo. Hidrogênio verde transforma processos industriais e freia efeito estufa. São Paulo. **ECOIA**, 2021. Disponível em: <https://www.uol.com.br/ecoa/ultimas-noticias/2021/05/29/hidrogenio-verde-o-combustivel-sustentavel-cuja-queima-produz-agua.htm>. Acesso em: 09 ago. 2021.

VIOLA, Eduardo. Perspectivas internacionais para a transição para uma economia verde de baixo carbono. **AMBIENTAL**, p. 43, 2011.

WANGHON, Alexandre José Lobato. Energia do hidrogênio. **Engenharia Civil-Pedra Branca**, 2018.

WAPP. **Creation of the WAPP**. 2021. Disponível em: <https://www.ecowapp.org/en/content/creation-wapp>. Acesso em: 14 ago. 2021.

WASCAL. **Our story**. 2020. Disponível em: <https://wascal.org/our-story/>. Acesso em: 28 ago. 2021.

WESTERN AFRICA. **Indicators**. Disponível em: <http://data.un.org/en/reg/g11.html>. Acesso em: 10 ago. 2021.

WOLLARD, Kathy. Primeiro elemento surgiu das partículas do "big bang". São Paulo. **Folhateen**, 1996. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/1996/8/12/folhateen/13.html>. Acesso em: 28 jul. 2021.

WORDBANK. **WGI**. Disponível em: <https://info.worldbank.org/governance/wgi/>. Acesso em: 13 set. 2021.

WORLD ECONOMIC OUTLOOK DATABASE. **International Monetary Found**. Outubro de 2019.

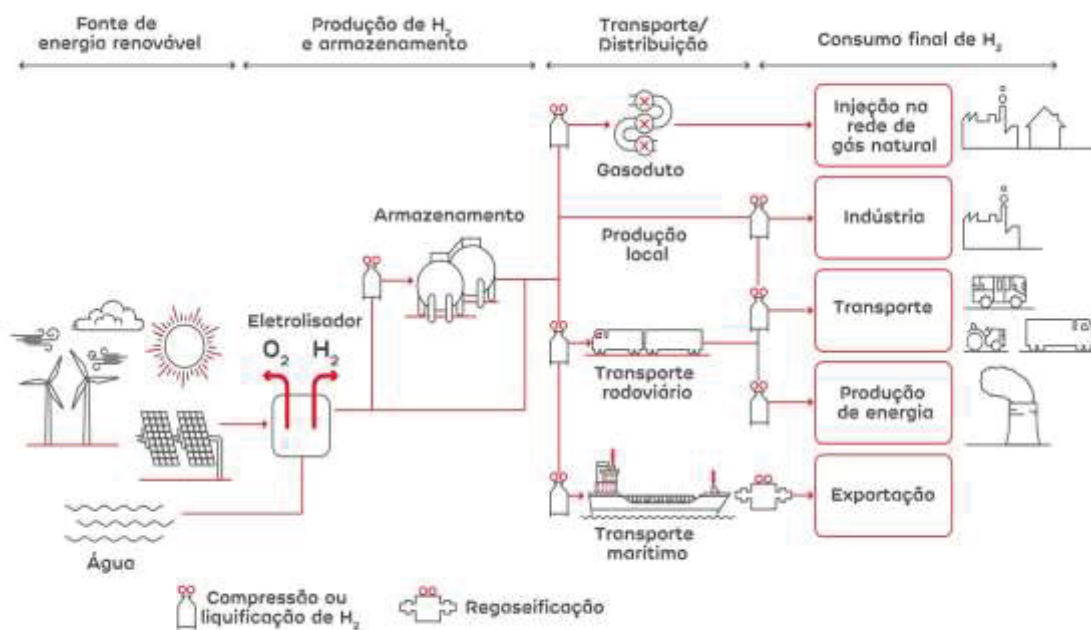
ZAPATA, CLÓVIS. o papel do crescimento inclusivo para a economia verde nos países em desenvolvimento. **AMBIENTAL**, p. 71, 2011.

ZHAO, Guangling et al. Life cycle assessment of H₂O electrolysis technologies. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 45, n. 43, p. 23765-23781, 2020.

ZHONGMING, Zhu et al. Africa Energy Outlook 2019. 2019.

ANEXOS

ANEXO 1 – ESQUEMA DA EXTRAÇÃO E PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE



FONTE: ENERGIAS DE PORTUGAL, 2018.

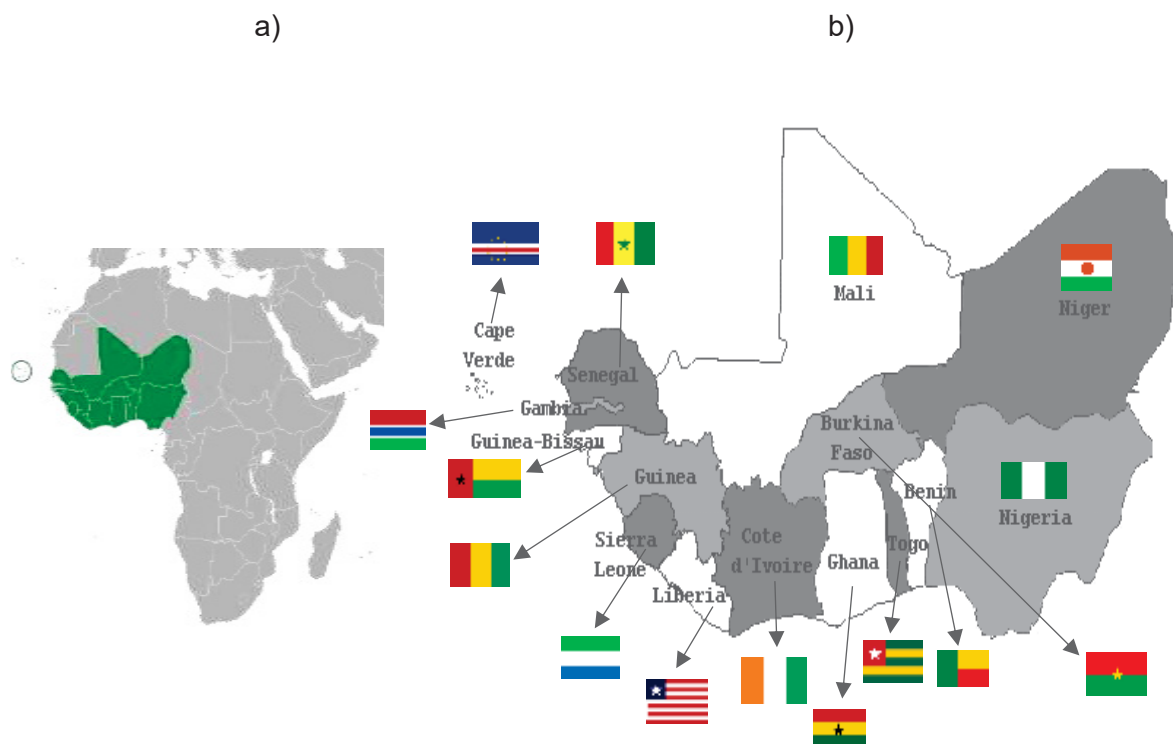
ANEXO 2 – DESCRIÇÃO DO HIDROGÊNIO POR DISTINÇÃO DE CORES

Cor	Classificação	Descrição
	Hidrogênio Preto	produto da gaseificação do carvão mineral sem <i>CCUS</i> ³⁷
	Hidrogênio Cinza	produto da reforma do gás natural em que há liberação de resíduos de carbono
	Hidrogênio Marrom	produto da gaseificação do carvão
	Hidrogênio Amarelo	produto de eletrolisadores, alimentados pela eletricidade da rede, composta por todas as fontes disponíveis
	Hidrogênio Azul	produto variante do preto e do cinza quando se consegue capturar e armazenar o CO ₂
	Hidrogênio Verde	produto da eletrolise, gerado por fontes renováveis como a eólica ou a solar
	Hidrogênio Branco	produto natural ou geológico
	Hidrogênio Musgo	produto da biomassa ou biocombustíveis, com ou sem <i>CCUS</i> , através de reformas catalíticas, gaseificação ou biodigestão anaeróbica
 	Hidrogênio Rosa e Roxo	produto de eletrolisadores alimentados por energia nuclear
	Hidrogênio Turquesa	produto da pirólise ou craqueamento térmico do metano, sem gerar CO ₂

FONTE: Adaptado de EPE (2021).

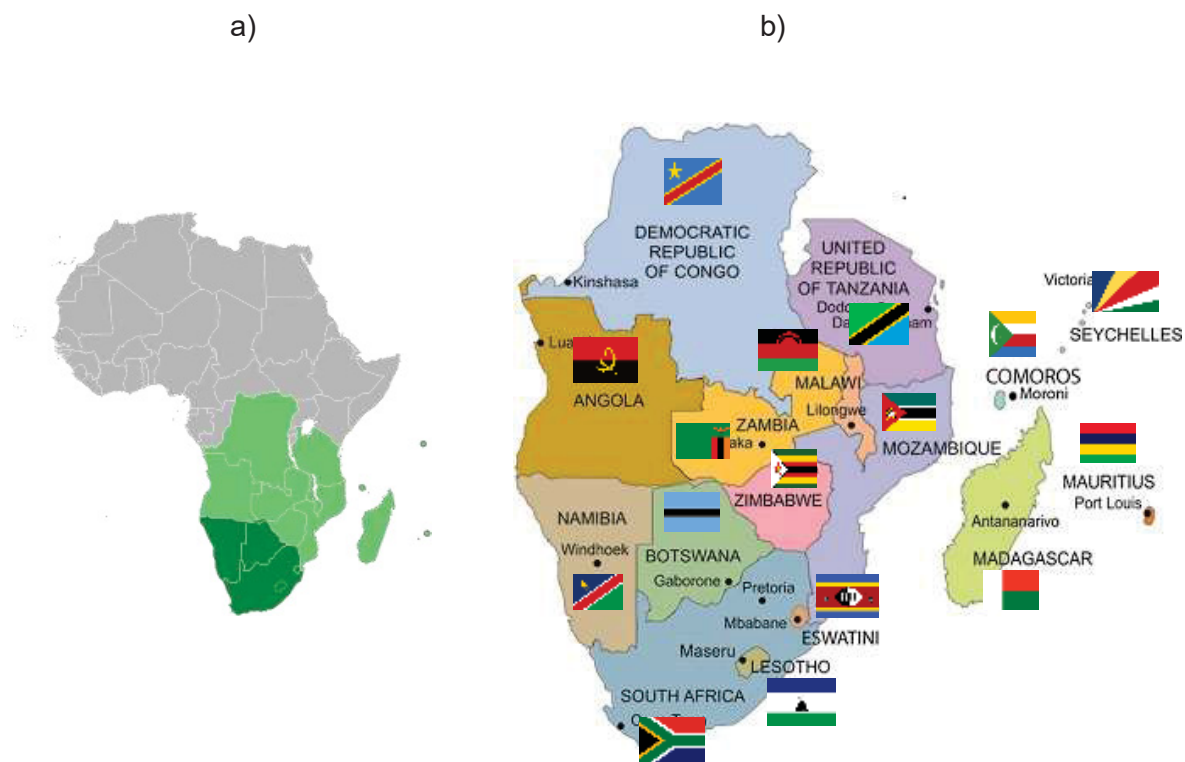
³⁷ *CCUS - Carbon capture, utilisation and storage* ou Captura, utilização e armazenamento de carbono - é uma importante tecnologia de redução de emissões que pode ser aplicada em todo o sistema de energia (IEA, 2021).

**ANEXO 3 - A) LOCALIZAÇÃO DA CEDEAO NO CONTINENTE AFRICANO; B)
PAÍSES MEMBROS DA CEDEAO**

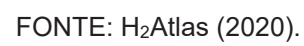


FONTE: Adaptado de CEDEAO (2020).

**ANEXO 4 - A) LOCALIZAÇÃO DA SADC NO CONTINENTE AFRICANO; B)
PAÍSES MEMBROS DA SADC**

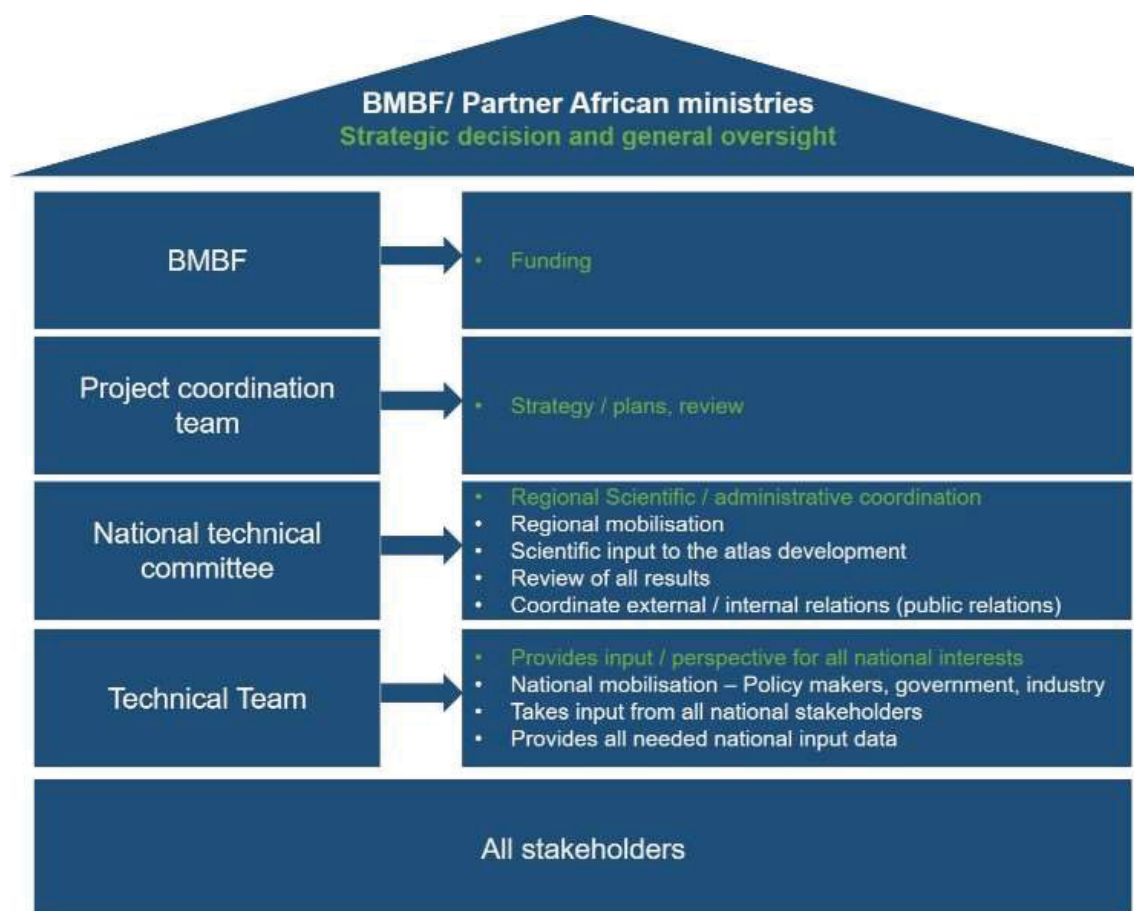


FONTE: Adaptado de SADC (2012).



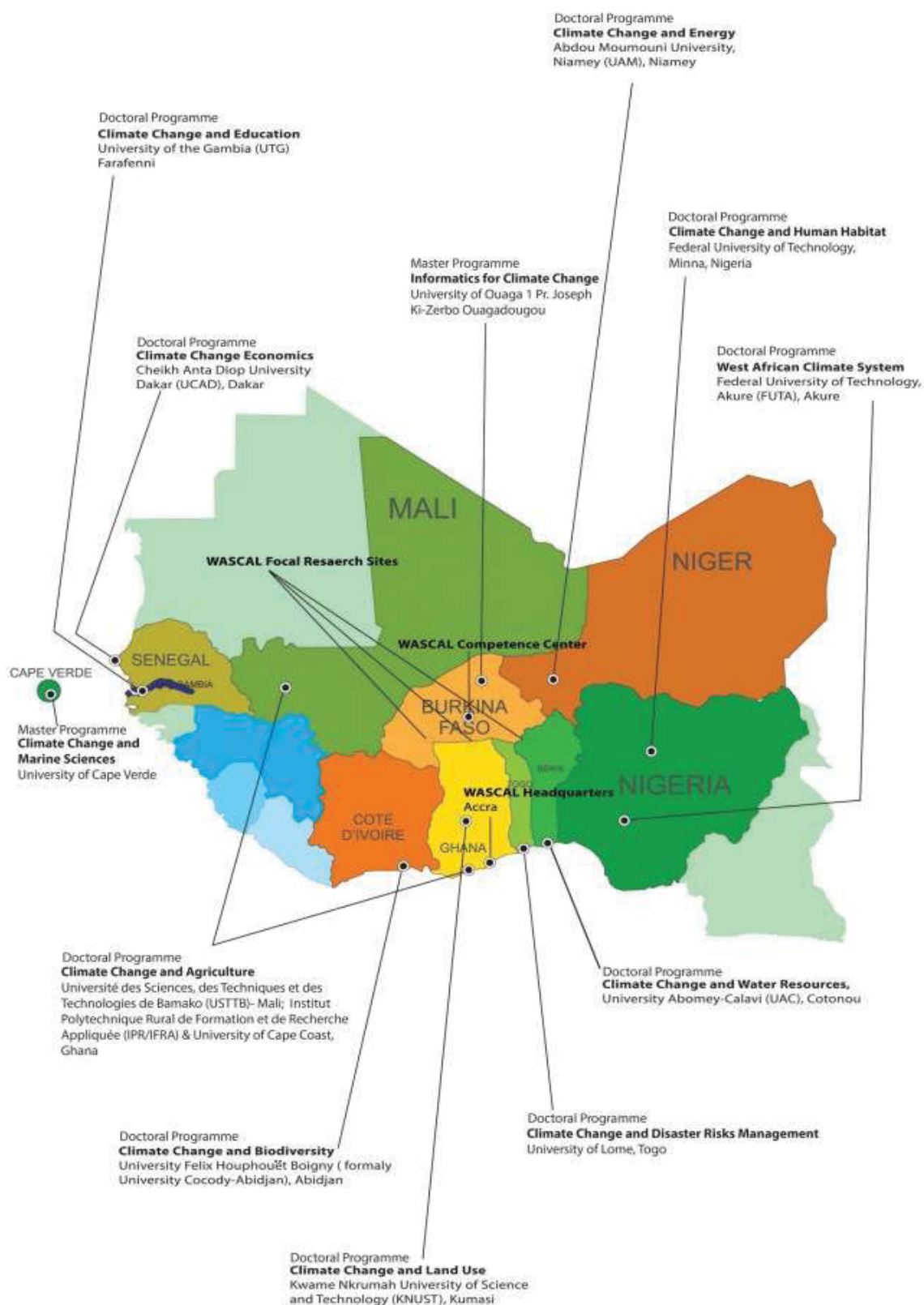
FONTE: H₂Atlas (2020).

ANEXO 6 - ESTRUTURA FUNCIONAL DO PROJETO H₂ATLAS-AFRICA

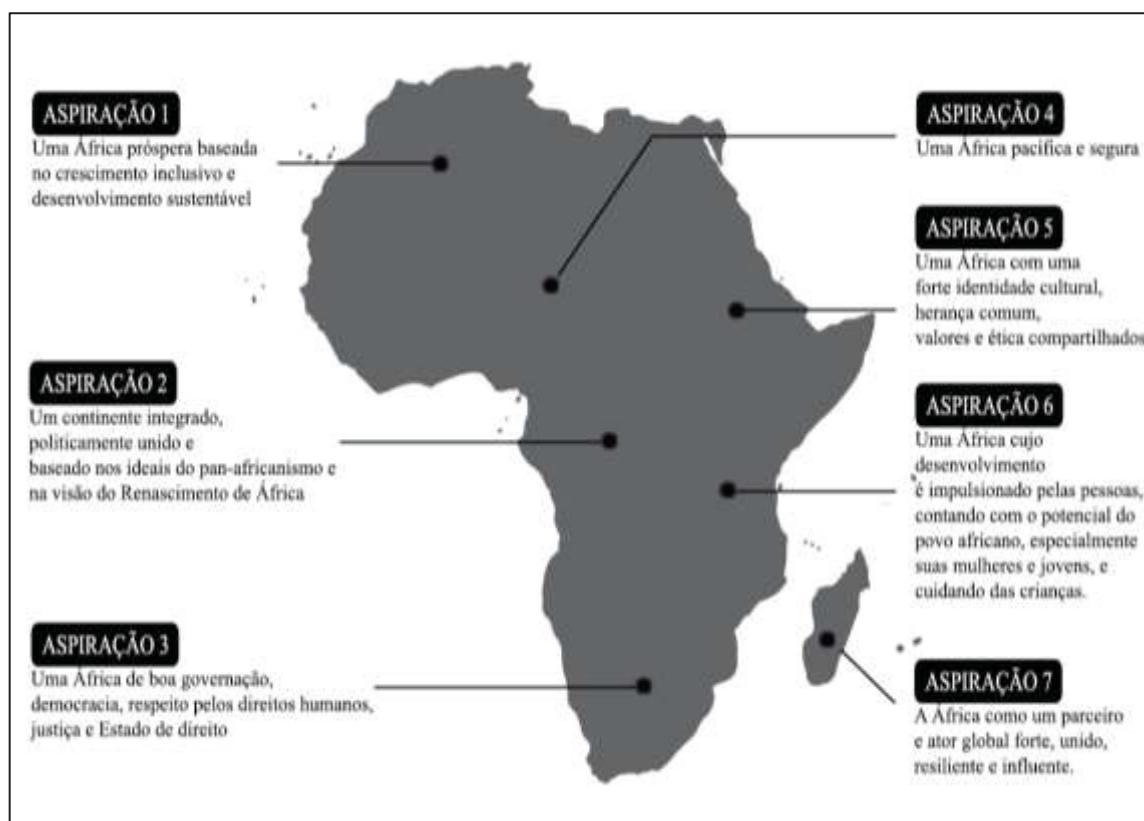


FONTE: H₂Atlas (2020).

ANEXO 7 - PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO CRIADOS PELO WASCAL



FONTE: WASCAL (2020).

ANEXO 8 - 7 (SETE) ASPIRAÇÕES PARA A AGENDA 2063 DE ÁFRICA

FONTE: Adaptado de Agenda2063 (2017), tradução livre do autor (2021).