

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Segurança energética em países insulares: estudo de caso da  
interligação elétrica das ilhas de Cabo Verde

Gabriel Leuzinger Coutinho

Brasília  
2019

GABRIEL LEUZINGER COUTINHO

**Segurança energética em países insulares: estudo de caso da interligação elétrica das ilhas de Cabo Verde**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. João Nildo de Souza Vianna

Co-orientadora: Profa. Dra. Maria Amélia de Paula Dias

Brasília  
2019

Coutinho, Gabriel Leuzinger

Segurança energética em países insulares: estudo de caso da interligação elétrica das ilhas de Cabo Verde / Gabriel Leuzinger Coutinho.

Brasília, 2019.

188 p.: il.

Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável.  
Universidade de Brasília, Brasília.

1. Segurança energética. 2. Cabos de energia submarinos. 3. Países insulares. 4. Cabo Verde. I. Universidade de Brasília. CDS.

II. Título.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**Segurança energética em países insulares: estudo de caso da  
interligação elétrica das ilhas de Cabo Verde**

Gabriel Leuzinger Coutinho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento Sustentável.

Membros da banca examinadora:

---

Prof. Dr. João Nildo de Souza Vianna, Centro de Desenvolvimento Sustentável – UnB  
(Orientador)

---

Prof. Dr. José Luiz de Andrade Franco, Centro de Desenvolvimento Sustentável – UnB  
(Examinador interno)

---

Prof. Dr. Rafael Amaral Shayani, Departamento de Engenharia Elétrica – UnB  
(Examinador externo)

Brasília-DF, 25 de janeiro de 2019.



A minha esposa Tatyanna que bancou este  
meu novo projeto de vida sem hesitar por um  
só instante.

## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste mestrado, que se conclui com a apresentação desta dissertação, não seria possível sem a ajuda e compreensão de diversas pessoas que acreditaram e apoiaram este projeto.

Agradeço primeiramente aos meus orientadores João Nildo Vianna e Maria Amélia Dias. Ao João Nildo, agradeço por ter me apresentado a pérola africana chamada Cabo Verde e por ter sido, ao longo dos últimos anos, não apenas um orientador, mas um mentor da maior qualidade. À Maria Amélia, agradeço por seu auxílio desde meus primeiros passos neste projeto, por sua imensurável paciência comigo e por suas incontáveis contribuições a este trabalho.

Agradeço também aos meus colegas de grupo de pesquisa, Adriane Michels, Geórgia Jordão, Gilmar Marques e Paula Pimentel por toda ajuda que me deram ao longo do mestrado, bem como por sua amizade.

Tenho que agradecer também aos meus colegas de turma de mestrado, com os quais pude compartilhar experiências, angústias e conquistas da vida acadêmica e cuja amizade ajudou a tornar vários momentos desta caminhada em algo divertido e um pouco mais leve.

Agradeço a todos os professores do Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS) por suas contribuições diversas, que vão desde disciplinas e palestras a simples conversas sobre o projeto no corredor do CDS. E agradeço muito também aos funcionários do CDS, que foram guias confiáveis nos tortuosos caminhos da burocracia da universidade.

Agradeço imensamente à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos que me concedeu, sem a qual eu não poderia me dedicar exclusivamente a este mestrado.

Agradeço a todas as pessoas e instituições que viabilizaram minha pesquisa de campo em Cabo Verde. Foram fundamentais o apoio institucional dado pela Rede de Estudos Ambientais em Países de Língua Portuguesa (REALP), por meio da Universidade de Cabo Verde (UniCV), e o apoio financeiro da Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF).

Faço um agradecimento especial a todos os cabo-verdianos, que me receberam de braços abertos, principalmente aqueles que dedicaram vários minutos e, às vezes, horas para participar de entrevistas comigo. Agradeço também aos professores da

UniCV Jorge Tavares e Claudino Mendes, que não só participaram de entrevistas, como me apoiaram durante toda minha pesquisa de campo.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a toda minha família e amigos, que me ajudaram em tudo que precisei ao longo desta nova jornada acadêmica, fosse para conversar ou para entender como funcionam os editais da FAP-DF. Agradeço em especial a minha esposa, Tatyanna Leuzinger, que apoiou minha ideia de “largar” o emprego e ficar “só estudando” por quase dois anos; a meu avô, Cláudio Leuzinger, amigo e conselheiro em todos os momentos, e a minha mãe, Márcia Leuzinger, minha grande inspiração acadêmica. E não podia deixar de agradecer a Lory, Penélope e Café, por me fazerem companhia nas inúmeras horas que passei em casa trabalhando neste projeto.

“VOCÊ: CABO VERDE

Eu gosto de Você, Cabo Verde  
porque Você é parecido com a minha terra.

Eu bem sei que meu Brasil é um mundão  
e que em Você cabem dez pérolas do Atlântico.  
Eu já ouvi falar delas,  
de café bom, sal e vulcão.

E o seu povo se parece com o meu  
na raça e no sofrimento, às vezes no desalento

E gosto de suas coladeiras e mornas,  
como do nosso samba e do nosso choro.

Você, Cabo Verde,  
é parecido com meu chão;  
com o Ceará das estiagens,  
com o cheiro da minha terra

-beira os limites do sagrado.

Eu queria ver de perto as coisas  
espantosas que todos me contam  
de Você: de sentir morabeza, de  
comer cachupa e cantar uma morna...

Havia então de botar uma fala  
ao poeta Jorge Barbosa  
de fazer uma consulta ao Dr. João  
para ver como é que a poesia receitava  
este meu coração carioca tão maltratado.

E agora que estou aqui, tudo isto  
É possível. Você sabe?  
É possível!”

(GOMES, 2008)

## RESUMO

O governo de Cabo Verde planeja ter 100% da geração de energia elétrica do país oriunda de fontes renováveis até 2025. Isso mitigaria as emissões de carbono e reduziria a dependência da importação de combustíveis fósseis, aumentando a segurança energética do país. Neste contexto, a interligação energética das ilhas cabo-verdianas se mostra fundamental para minimizar os efeitos da intermitência, inerente às fontes renováveis, e garantir a estabilidade do sistema elétrico. A interligação elétrica destas ilhas só é possível por meio de cabos de energia submarinos. O objetivo desta dissertação é analisar a viabilidade ambiental, técnica e econômica da interligação elétrica das ilhas de Cabo Verde por meio de cabos de energia submarinos, como uma forma de aumentar a segurança energética do país. Por meio de pesquisa bibliográfica e documental, levantou-se o potencial de geração renovável em cada ilha do arquipélago, identificaram-se os impactos ambientais causados pelos cabos de energia submarinos e determinou-se qual é o atual (2019) estado-da-arte da tecnologia de transmissão submarina de energia. A análise documental foi utilizada para identificar os locais em Cabo Verde que não poderiam receber os cabos submarinos em função de restrições ambientais. Ela foi utilizada também para levantar os parâmetros do arquipélago, como batimetria e correntes marítimas, necessários para avaliar a viabilidade técnica de instalação destes cabos entre as ilhas, a qual foi determinada por meio de análise comparativa entre estes parâmetros e o estado-da-arte da tecnologia de transmissão submarina de energia. A análise multicritério e o método Delphi foram utilizados na criação de um índice de segurança energética para Cabo Verde (ISECV), específico ao contexto geográfico e histórico do país, permitindo medir o quanto a interligação elétrica das ilhas aumentaria a segurança energética no arquipélago. O custo de instalação dos cabos de energia submarinos foi estimado por meio de modelo de previsão de custos. Verificou-se que a questão ambiental não é um fator que inviabilize a interligação das ilhas, embora condicione as rotas que podem ser escolhidas para os cabos entre elas. As limitações da tecnologia atual impedem a instalação dos cabos entre algumas ilhas, inviabilizando a interligação elétrica de todo o arquipélago. Contudo, com o avanço tecnológico, isto deve ser superado já nos próximos anos. Realizar as interligações que são tecnicamente viáveis aumentaria substancialmente a segurança energética de Cabo Verde. O custo estimado para estas interligações foi de US\$ 1,26 bilhão. Conclui-se que, embora a interligação entre a maior parte das ilhas seja ambiental e tecnicamente viável, a relação entre custo e aumento da segurança energética indica que só é interessante, atualmente (2019), interligar as ilhas que estão próximas umas das outras (distâncias de até 50 km). Há alternativas energéticas que apresentam uma relação custo-aumento da segurança energética melhor do que interligar eletricamente todo o arquipélago.

Palavras-chave: Segurança energética, Cabos de energia submarinos, Países insulares, Cabo Verde.

## ABSTRACT

The Cape Verde government plans to have 100% of the country's electricity produced by renewable sources by 2025. This would mitigate carbon emissions and reduce dependence on imported fossil fuels, increasing the country's energy security. In this context, the energy interconnection of the Cape Verdean islands is fundamental to minimize the effects of the intermittency, inherent to renewables sources, and guarantee the stability of the electrical system. The electric interconnection of these islands is only possible through submarine power cables. The objective of this dissertation is to analyze the environmental, technical and economic viability of the interconnection of the Cape Verde's islands through submarine power cables as a means to increase the energy security of the country. Through a bibliographic and documentary research, the renewable energy potential of each island was defined, the environmental impacts caused by submarine power cables were identified and the current (2019) state-of-the-art of the submarine power transmission technology was determined. The documentary analysis was used to identify the regions in Cape Verde where submarine power cables cannot be installed due to environmental restrictions. It was also used to collect the parameters of the archipelago, such as bathymetry and sea currents, necessary to evaluate the technical viability of installing these cables between the islands. This technical viability was assessed through a comparative analysis between these parameters and the state of the art of submarine power transmission technology. The multi-criteria analysis and the Delphi method were used to create an energy security index for Cape Verde (ISECV), specific to the country's geographic and historical context. The index made it possible to measure how much the interconnection of the islands would increase the energy security of the archipelago. The costs to install the submarine power cables were estimated using a cost prediction model. It was found that the environmental issues don't make the interconnection of the islands unfeasible, although they condition the routes that can be chosen for the cables between the islands. The limitations of the current technology prevent the installation of the cables between some of the islands, making it impossible to electric interconnect the entire archipelago. However, with technological advances, this should be overcome in the next few years. Making the interconnections that are technically possible would significantly increase energy security in Cape Verde. The estimated cost for these interconnections is US\$ 1.26 billion. It is concluded that, although the interconnection of most of the islands is environmental and technically feasible, the relation between cost and energy security increase indicates that, currently, it is interesting to interconnect only the islands that are close to each other (less than 50 km). There are energy alternatives with a better cost-increase of energy security relation than the electrical interconnection of the entire archipelago.

Key words: Energy security, Submarine power cables, Island countries, Cape Verde.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Mapa de Cabo Verde .....	22
Figura 2.1 – Energia elétrica gerada por tipo de fonte por ano (2011-2017) .....	43
Figura 2.2 – Preço dos combustíveis em Cabo Verde e no mercado internacional de 2004 a 2018 .....	46
Figura 2.3 – Velocidade média do vento em Cabo Verde.....	51
Figura 2.4 – Radiação solar em Cabo Verde. ....	52
Figura 2.5 – Número de horas de radiação solar direta em Cabo Verde.....	52
Figura 2.6 – Nebulosidade em Cabo Verde. ....	53
Figura 3.1 – Mapa das áreas ecologicamente sensíveis em Cabo Verde .....	67
Figura 3.2 – Mapa das áreas ecologicamente sensíveis nas ilhas de Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia e São Nicolau.....	67
Figura 3.3 – Mapa das áreas ecologicamente sensíveis nas ilhas do Sal e Boa Vista .....	68
Figura 3.4 – Mapa das áreas ecologicamente sensíveis nas ilhas de Santiago e Maio .....	68
Figura 3.5 – Mapa das áreas ecologicamente sensíveis nas ilhas do Fogo e Brava	69
Figura 4.1 – Mapa batimétrico de Cabo Verde .....	89
Figura 4.2 – Perfil batimétrico entre as ilhas de São Nicolau e do Sal .....	90
Figura 4.3 – Cabos de telecomunicações submarinos que interligam as ilhas de Cabo Verde .....	94
Figura 4.4 – Cabos de telecomunicações submarinos intercontinentais que passam por ou próximo de Cabo Verde .....	95
Figura 4.5 – Áreas ecologicamente sensíveis em Cabo Verde .....	96
Figura 4.6 – Mapa com as rotas propostas para os cabos de energia submarinos para interligação das ilhas de Cabo Verde .....	98
Figura AN.1 – Energia solar incidente na ilha da Boa Vista.....	180
Figura AN.2 – Vento médio na ilha da Boa Vista .....	180
Figura AN.3 – Energia solar incidente na ilha Brava.....	181
Figura AN.4 – Vento médio na ilha Brava .....	181
Figura AN.5 – Energia solar incidente na ilha do Fogo.....	182
Figura AN.6 – Vento médio na ilha do Fogo .....	182
Figura AN.7 – Energia solar incidente na ilha do Maio .....	183
Figura AN.8 – Vento médio na ilha do Maio.....	183
Figura AN.9 – Energia solar incidente na ilha do Sal.....	184
Figura AN.10 – Vento médio na ilha do Sal .....	184

Figura AN.11 – Energia solar incidente na ilha de Santiago.....	185
Figura AN.12 – Vento médio na ilha de Santiago .....	185
Figura AN.13 – Energia solar incidente na ilha de Santo Antão .....	186
Figura AN.14 – Vento médio na ilha de Santo Antão.....	186
Figura AN.15 – Energia solar incidente na ilha de São Nicolau.....	187
Figura AN.16 – Vento médio na ilha de São Nicolau .....	187
Figura AN.17 – Energia solar incidente na ilha de São Vicente.....	188
Figura AN.18 – Vento médio na ilha de São Vicente .....	188



## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Orçamento de investimento no setor energético x investimentos de fato realizados pelo governo de Cabo Verde entre 2012 e 2016.....	47
Tabela 4.1 – Consumo máximo na ponta e capacidade instalada das ilhas de Cabo Verde.....	97
Tabela 4.2 – Comprimento dos cabos de energia submarinos necessários para interligar as ilhas de Cabo Verde.....	99
Tabela 5.1 – Dados utilizados no modelo de estimativa do custo de implantação dos cabos de energia submarinos.....	115
Tabela 5.2 – Valores dos indicadores que compõem o ISECV para os anos de 2011 a 2017.....	117
Tabela 5.3 – ISECV de 2011 a 2017.....	119
Tabela 5.4 – Valores dos indicadores que compõem o ISECV e ISECV para as alternativas INTERLIG, 50%REN e INTERLIG5%REN.....	120
Tabela 5.5 – Custo estimado da interligação das ilhas de Cabo Verde com cabos de energia submarinos.....	122

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Potencial dos recursos eólico e solar em Cabo Verde.....	53
Quadro 3.1 – Áreas Protegidas de Cabo Verde.....	62
Quadro 3.2 – Gastrópodes do género <i>Conus</i> de Cabo Verde ameaçados de extinção presentes na Lista Vermelha da UICN.....	65
Quadro 4.1 – Viabilidade da interligação energética das ilhas de Cabo Verde por meio de cabos de energia submarinos .....	99
Quadro 5.1 – Dimensões e componentes da segurança energética .....	110
Quadro 5.2 – Indicadores utilizados no ISECV .....	112
Quadro 5.3 – Pesos das componentes e dimensões da segurança energética em Cabo Verde .....	116
Quadro 6.1 – Opções de periódicos para submissão dos artigos que compõem a dissertação.....	136

## LISTA DE SIGLAS

ACV	Análise do ciclo de vida
AEB	Águas e Energia de Boa Vista
AOSIS	<i>Alliance of Small Island States</i>
APEREC	<i>Asia Pacific Energy Research Centre</i>
APP	Águas de Ponta Preta
ARE	Agência de Regulação Económica
AWW	<i>Arqueonautas Worldwide</i>
CA	Corrente alternada
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CC	Corrente contínua
CEDAO	Comunidade Económica dos Estados da África Ocidental
CERMI	Centro de Energias Renováveis e Manutenção Industrial
COP-21	21ª Conferência das Partes
DGE	Direcção Geral da Energia
DGIE	Direcção Geral da Indústria e Energia
DNEIC	Direção Nacional de Energia, Indústria e Comércio
DNICE	Direção Nacional de Indústria, Comércio e Energia
DTS	<i>Desk Top Study</i>
ECREEE	Centro para as Energias Renováveis e Eficiência Energética da CEDEAO
EPR	<i>Ethylene Propylene Rubber</i>
GEE	Gases de efeito estufa
HVAC	<i>High Voltage Alternate Current</i>
HVDC	<i>High Voltage Direct Current</i>
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
iNDC	Contribuição Nacionalmente Determinada Pretendida
INE	Instituto Nacional de Estatística
INIT	Instituto Nacional de Investigação Tecnológica
ISECV	Índice de Segurança Energética para Cabo Verde
MECC	Ministério da Economia, Crescimento e Competitividade Empresarial
MEE	Ministério da Economia e Emprego
MN	Monumento Natural
MICE	Ministério da Indústria, Comércio e Energia
MTIDE	Ministério do Turismo, Investimentos e Desenvolvimento
MTIE	Ministério do Turismo, Indústria e Energia
MVAC	<i>Medium Voltage Alternate Current</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
ODS	Objetivo do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PEDS	Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável de Cabo Verde
PIB	Produto Interno Bruto PIB
PN	Parque Natural
PNM	Parque Natural Marinho
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PP	Paisagem Protegida
PRS	Programa Regional Solar

RN	Reserva Natural
SE4ALL	<i>Sustainable Energy for All</i>
SES	Segurança Energética Sustentável
SIDS	<i>Small Island Developing States</i>
UnB	Universidade de Brasília
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima
UNFPA	Fundo de População das Nações Unidas
UNICEF	Funda das Nações Unidas para a Infância
UICN	União Internacional para Conservação da Natureza
UnICV	Universidade de Cabo Verde
USAID	Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional
XLPE	<i>cross-linked polyethylene</i>
ZDTI	Zona de Desenvolvimento Turístico Integral

## LISTA DE SÍMBOLOS

kW	kilowatt
MW	megawatt
GW	gigawatt
km	quilômetro
km <sup>2</sup>	quilômetro quadrado
m	metro
µm	micrometro
m <sup>3</sup>	metro cúbico
US\$	dólares americanos
kWh	kilowatt-hora
MWh	megawatt-hora
GWh	gigawatt-hora
h	hora
l	litro
CO <sub>2eq</sub>	equivalente de dióxido de carbono
hab	habitante
ha	hectare
M <sub>L</sub>	escala de magnitude local
psu	unidade de salinidade prática
s	segundo
g	grama
ton	tonelada

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	21
1.1.	Problema de pesquisa .....	24
1.2.	Objetivo.....	24
1.3.	Contribuição.....	25
1.4.	Estrutura da dissertação.....	25
2.	REFERENCIAL TEÓRICO .....	26
2.1.	Segurança energética.....	26
2.2.	Histórico dos cabos submarinos.....	33
2.3.	Caracterização do local de pesquisa – Cabo Verde.....	39
2.3.1.	Governança do setor de energia.....	39
2.3.2.	Mercado de energia .....	41
2.3.3.	Sistema elétrico.....	43
2.3.4.	Preço da energia.....	44
2.3.5.	Investimentos no setor de energia.....	46
2.3.6.	Emissões de GEE e de poluentes pelo setor de energia.....	48
2.3.7.	Recursos hídricos .....	49
2.3.8.	Acesso à informação no setor de energia.....	50
2.3.9.	Potencial de energias renováveis em Cabo Verde.....	50
3.	DESAFIOS AMBIENTAIS PARA A INTERLIGAÇÃO DAS ILHAS DE CABO VERDE POR CABOS DE ENERGIA SUBMARINOS.....	55
3.1.	Introdução.....	56
3.2.	Referencial teórico.....	56
3.3.	Método.....	61
3.4.	Resultados.....	66
3.5.	Análise .....	69
3.6.	Conclusão.....	71
3.7.	Referências.....	72
4.	INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA DAS ILHAS DE CABO VERDE: ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE CABOS DE ENERGIA SUBMARINOS.....	80
4.1.	Introdução.....	81
4.2.	Referencial teórico.....	82
4.2.1.	Elementos dos cabos de energia submarinos .....	82
4.2.2.	Design dos cabos de energia submarinos .....	82

4.2.3.	Proteção dos cabos de energia submarinos.....	85
4.2.4.	Rota dos cabos de energia submarinos.....	86
4.3.	Método.....	87
4.4.	Resultados e análise .....	88
4.4.1.	Geologia submarina .....	88
4.4.2.	Condições do ambiente marinho .....	92
4.4.3.	Obstáculos .....	93
4.4.4.	Zonas ecologicamente sensíveis.....	95
4.4.5.	Requisitos elétricos e rota dos cabos de energia submarinos	96
4.5.	Conclusão.....	100
4.6.	Referências.....	101
5.	SEGURANÇA ENERGÉTICA EM CABO VERDE: PERCEPÇÃO, EVOLUÇÃO E ALTERNATIVAS.....	107
5.1.	Introdução.....	108
5.2.	Método.....	109
5.2.1.	Índice de segurança energética para Cabo Verde (ISECV) .	109
5.2.2.	Estimativa dos custos .....	115
5.3.	Resultados.....	116
5.3.1.	Valor do ISECV de 2011 a 2017 .....	116
5.3.2.	Valor do ISECV para as alternativas energéticas .....	119
5.3.3.	Estimativa dos custos .....	122
5.4.	Análise .....	122
5.4.1.	ISECV .....	123
5.4.2.	Evolução da segurança energética em Cabo Verde.....	123
5.4.3.	Alternativas energéticas para Cabo Verde .....	124
5.4.4.	Dimensões da segurança energética em Cabo Verde .....	125
5.5.	Conclusão.....	127
5.6.	Referências.....	127
6.	CONCLUSÃO .....	133
6.1.	Limitações da pesquisa .....	135
6.2.	Sugestões para trabalhos futuros.....	135
6.3.	Periódicos para publicação dos artigos .....	136
	REFERÊNCIAS .....	138
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NAS ENTREVISTAS .....	159
	APÊNDICE B – FÓRMULA DE CÁLCULO DOS INDICADORES .....	171

APÊNDICE C – ATORES RELEVANTES PARA O SETOR ENERGÉTICO DE CABO VERDE.....	178
APÊNDICE D – LISTA COMPLETA DOS ENTREVISTADOS .....	179
ANEXO A – VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO E ENERGIA SOLAR INCEDENTE NAS ILHAS DE CABO VERDE.....	180



## 1. INTRODUÇÃO

As atividades humanas estão influenciando diversas mudanças na Terra e já rivalizam com algumas das mais fortes forças da natureza na extensão e na intensidade de seus impactos (STEFFEN et al., 2004). As mudanças climáticas, causadas pelas emissões antropogênicas de gases de efeito estufa (GEE), são as que, provavelmente, serão as mais negativas sobre a vida no planeta (IPCC, 2014). Os países insulares sofrerão de forma muito particular os impactos decorrentes dessas mudanças no clima. Dentre eles, aqueles considerados países em desenvolvimento devem enfrentar desafios ainda maiores.

Os países insulares em desenvolvimento se vinculam à Organização das Nações Unidas (ONU) por meio dos SIDS (*Small Island Developing States*) e da AOSIS (*Alliance of Small Island States*). Os SIDS são formados por um grupo particular de países em desenvolvimento, sujeitos a vulnerabilidades sociais, econômicas e ambientais específicas. Eles foram reconhecidos por estas particularidades durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, conhecida como Rio-92, e este reconhecimento foi depois reafirmado e consolidado na Agenda 21. Atualmente, 58 países fazem parte dos SIDS, dos quais 38 são também membros da ONU, entre eles Cabo Verde. Eles se localizam principalmente no Caribe, na África e no Pacífico. A AOSIS funciona como *ad hoc lobby* e negociador dos SIDS dentro do sistema da ONU (UN-OHRLLS, 2011).

Durante a 21ª Conferência das Partes (COP-21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC, do nome em inglês *United Nations Framework Convention on Climate Change*), a AOSIS destacou que seus membros já sofrem tanto os impactos de eventos climáticos extremos, quanto os de eventos mais lentos, como o aumento do nível do mar e a acidificação dos oceanos e que estas anomalias no sistema terrestre continuam a ameaçá-los (AOSIS, 2015). Destaca-se que a AOSIS teve um papel crucial nas negociações que ocorreram na COP-21 e para a entrada em vigor do Acordo de Paris (OURBAK; MAGNAN, 2018).

Reconhecendo a vulnerabilidade dos SIDS aos eventos climáticos, a ONU estabeleceu uma meta específica para os países insulares no Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS7)<sup>1</sup>. A meta 7.b visa garantir o fornecimento de

---

<sup>1</sup> O ODS7 trata do acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível de todas e todos à energia.

serviços de energia modernos e sustentáveis para todos os países em desenvolvimento, notadamente os pequenos Estados insulares em desenvolvimento.

Cabo Verde é um país insular africano (Figura 1.1) membro dos SIDS e da AOSIS. Até 2009, 95% da geração de eletricidade no país vinha de fontes fósseis (GESTO ENERGIA, 2011). Em 2011, antes da criação dos ODS, o governo cabo-verdiano desenvolveu um plano para que, em 2020, 100% de sua energia elétrica seja gerada a partir de fontes renováveis (IFAS, 2013). A execução deste plano permitiria a Cabo Verde não só diminuir suas emissões de carbono, mas também reduzir sua dependência da importação de combustíveis fósseis para a geração de energia elétrica. Estas metas foram revistas na Contribuição Nacionalmente Determinada Pretendida (iNDC) de Cabo Verde, que estabeleceu como objetivo ter 30% de penetração de energias renováveis na matriz energética até 2025. Contudo, eles afirmam que, caso recebam suporte financeiro e tecnológico internacional, o objetivo é alcançar 50% de energia renovável na matriz elétrica já em 2020, e 100%, em 2025 (CABO VERDE, 2017).

Figura 1.1 – Mapa de Cabo Verde



Base 802991AI (C00671) 2-04

Fonte: Disponível em [http://legacy.lib.utexas.edu/maps/africa/cape\\_verde\\_physio-2004.jpg](http://legacy.lib.utexas.edu/maps/africa/cape_verde_physio-2004.jpg). Acesso em 28/11/2018.

Estas metas, apesar de desafiadoras, são realistas, visto que outros países insulares possuem matrizes energéticas com grande penetração de energia renovável, como a Islândia (81%) e a Nova Zelândia (50%). No caso islandês, a matriz elétrica é 100% renovável (NEW ZELAND, 2018; ORKUSTOFNUN, 2018). Até 2017, Cabo Verde conseguiu aumentar a participação de fontes renováveis em sua matriz energética elétrica para 16,9%, evitando a emissão de aproximadamente 70 MtCO<sub>2eq</sub> de GEE. Alcançar 50%, em 2020, significaria deixar de emitir 227 MtCO<sub>2eq</sub> de GEE anualmente. Isso significaria, ainda, uma substancial redução na necessidade de importação de petróleo.

As fontes de energias renováveis enfrentam um desafio técnico significativo para sua utilização em larga escala. O caráter intermitente destas energias, principalmente no caso das energias eólica e solar, associado às poucas opções economicamente viáveis de armazenar energia em larga escala, é uma limitação relevante (GIDDENS, 2011). Embora existam diversos meios de estocar energia, como ar-comprimido, baterias, sistemas hidráulicos, supercondutores magnéticos e hidrogênio, poucos deles são viáveis economicamente e estão suficientemente maduros tecnicamente para o uso em larga escala nas grandes redes de energia elétrica (LUO *et al.* 2014).

Uma das maneiras de minimizar a limitação imposta pela intermitência é interligar as fontes por meio de redes inteligentes, *smart grid*, de modo que a falta de geração em determinada localidade possa ser compensada pela produção de energia em outra região (GHARAVI; GHAFURIAN, 2011). No cenário ideal, alcançar-se-ia o proposto por Rifkin (2011) para a Terceira Revolução Industrial: uma rede de energia e informação interligando fontes de energia renováveis distribuídas e dispersas. Contudo, no caso de países insulares, especialmente aqueles constituídos por diversas ilhas, como Cabo Verde, a implementação dessa rede de energia tem peculiaridades em razão da necessidade de transmitir a energia através do mar. Faz-se necessária então a utilização de cabos de transmissão de energia submarinos, havendo diversas particularidades com relação a esta tecnologia.

Em projetos de interligação por meio de cabos de energia submarinos, diversos fatores precisam ser analisados. Deve-se verificar se os impactos ambientais tanto da instalação, quanto da operação dos cabos de energia submarinos, são compatíveis com o ambiente marinho e costeiro em que eles serão instalados; é necessário analisar a viabilidade técnica, que é peculiar às características do local de instalação dos cabos submarinos; e deve ser considerada a questão econômica, contrapondo os

altos custos de instalação desta tecnologia aos benefícios que ela proporcionará (WORZYK, 2009).

Embora alguns estudos já tenham avaliado a interligação elétrica das ilhas de Cabo Verde (IFAS, 2013; GESTO ENERGIA, 2011), estes estudos analisam unicamente a questão econômica e limitam-se à interligação de duas ou três ilhas do arquipélago. Entende-se que, para embasar apropriadamente o processo de tomada de decisão, além de ser necessário estudar a interligação de todas as ilhas de Cabo Verde, a análise deve contemplar não apenas fatores técnicos e econômicos, mas também a questão ambiental e a segurança energética, que têm reflexos diretos e indiretos em aspectos socioeconômicos do país.

### **1.1. Problema de pesquisa**

A lacuna que esta pesquisa busca preencher é avaliar a viabilidade da utilização da interligação elétrica de todas as ilhas de Cabo Verde, considerando as dimensões ambiental, técnica e econômica. A pergunta de pesquisa que direciona esta dissertação é: levando em consideração aspectos ambientais, técnicos e econômicos, a interligação das ilhas de Cabo Verde por meio de cabos de energia submarinos é uma forma viável de aumentar a segurança energética<sup>2</sup> do país?

### **1.2. Objetivo**

O objetivo geral é analisar a viabilidade ambiental, técnica e econômica da interligação elétrica das ilhas de Cabo Verde por meio de cabos de energia submarinos, como forma de aumentar a segurança energética do país. Para alcançar o objetivo geral, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- I. Identificar as formas de energias renováveis disponíveis por ilha, sua intensidade, sua intermitência e seu potencial;
- II. Verificar a viabilidade ambiental de interligar as ilhas de Cabo Verde, por meio da identificação das regiões marinhas e costeiras em que há restrição ambiental para a instalação dos cabos de energia submarinos;
- III. Avaliar a viabilidade técnica de interligar as ilhas de Cabo Verde, considerando o atual estado-da-arte da tecnologia de transmissão submarina de energia;

---

<sup>2</sup> A definição de segurança energética adotada neste trabalho é apresentada na subseção 2.1.

- IV. Avaliar e comparar diferentes alternativas energéticas para Cabo Verde em função da segurança energética que proporcionam e de seu custo.

### **1.3. Contribuição**

A principal contribuição desta pesquisa é a indicação das ilhas do arquipélago de Cabo Verde que podem ser interligadas com a utilização de cabos de energia submarinos. São detalhados os fatores que condicionam estas interligações, bem como aqueles que as restringem, nos casos em que a utilização dos cabos submarinos não é viável. Outras contribuições relevantes são: (i) um mapa indicativo de todas as áreas protegidas de Cabo Verde, entre outras informações; (ii) a criação de um índice para medir a segurança energética que é específico ao contexto geográfico e histórico de Cabo Verde; (iii) a compreensão da percepção que Cabo Verde tem sobre a segurança energética, colaborando para o entendimento da segurança energética nos SIDS, tema ainda pouco estudado.

### **1.4. Estrutura da dissertação**

A dissertação está dividida em seis seções. A introdução, primeira seção, apresenta o contexto em que a pesquisa está inserida, o problema e a pergunta de pesquisa, os objetivos do trabalho, suas contribuições e a estrutura da dissertação. A segunda seção é o referencial teórico, composto pela revisão da literatura sobre a segurança energética, pelo histórico dos cabos submarinos e pela caracterização do local de pesquisa, ou seja, Cabo Verde, com foco no setor de energia. As seções 3, 4 e 5 são organizadas no formato de artigos científicos e se relacionam, respectivamente, aos objetivos específicos II, III e IV. Cada uma destas três seções possui resumo, introdução, método, resultados, análise, conclusão e referências. As duas primeiras possuem ainda um referencial teórico. Por fim, a conclusão da dissertação, sexta seção, conecta as conclusões específicas das seções 3, 4 e 5 com o objetivo geral da pesquisa. Apresentam-se ainda as limitações do trabalho realizado e sugestões para pesquisas futuras.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Esta seção aborda questões que não puderam ser tratadas em detalhes nos artigos (seções 3, 4 e 5), mas que são relevantes para a discussão feita nesta dissertação. Primeiro, aborda-se um tema transversal a todos os artigos: a segurança energética. Apresentam-se os principais autores que tratam deste tema e define-se qual a linha teórica que é adotada neste trabalho. Em seguida, são feitas duas contextualizações. Primeiro, apresenta-se um histórico dos cabos submarinos, mostrando a evolução das tecnologias utilizadas nestes cabos e seus principais marcos históricos. Segundo, é feita uma caracterização de Cabo Verde, local onde foi realizada a pesquisa, focando-se no setor energético do país, bem como no seu potencial para energias renováveis.

### **2.1. Segurança energética**

Apesar dos primeiros estudos sobre segurança energética serem do século XX, os seres humanos começaram a trabalhar este conceito muito antes. A preocupação com a segurança de fontes energéticas remonta aos primórdios da humanidade, quando o homem descobriu o fogo, há 200 mil anos. Tornou-se necessário garantir uma fonte para o fogo (por exemplo, a madeira), que passou a ser utilizado para o aquecimento, para o preparo de alimentos e para a proteção. Neste período, a segurança energética era caracterizada por três critérios: disponibilidade de materiais inflamáveis para suprir a demanda; acessibilidade, de modo que o custo para produzir o estoque destes materiais não fosse maior do que o benefício percebido pelo uso do fogo; e resiliência, ou seja, a capacidade de garantir que eventos externos não perturbassem o suprimento dos materiais inflamáveis (VALENTINE, 2011; AZZUNI; BREYER, 2018).

A noção moderna da segurança energética surgiu apenas no início do século XIX, quando a mecanização dos equipamentos de guerra, notadamente navios e veículos movidos a carvão, aumentou a demanda por este combustível, que passou a ter valor estratégico (SOVACCOL; BROWN, 2010). Pouco antes do início da 1ª Guerra Mundial, Winston Churchill decidiu mudar a fonte de energia dos navios da marinha britânica do carvão para o petróleo, visando tornar sua frota mais veloz que a alemã. Isso significava deixar de depender do carvão proveniente do País de Gales, para depender do suprimento de petróleo da Pérsia. A segurança energética se tornou, então, uma questão de segurança nacional (YERGIN, 2006).

O estudo da segurança energética pela academia começou apenas na década de 1960 e ganhou destaque na década de 1970, em função das crises do petróleo (CHERP; JEWELL, 2014). É neste contexto que surge a primeira definição da segurança energética, proposta pelo norte-americano Mason Willrich (AZZUNI; BREYER, 2018). A definição apresentada por Willrich (1976) está inserida no contexto das relações internacionais, de modo que ele propôs dois conceitos para segurança energética, um para os países importadores de energia e outro para os países exportadores. Para os primeiros, segurança energética significaria a garantia do fornecimento de energia adequado para manter a economia nacional em um nível normal. Já para os exportadores, o termo significaria a soberania sobre os seus recursos naturais, o acesso aos mercados internacionais de energia e a segurança financeira para os investimentos feitos com os ganhos da exportação de energia.

Durante as duas décadas seguintes, 1980 e 1990, a segurança energética perdeu destaque nas pesquisas acadêmicas, provavelmente em razão da maior estabilidade internacional. Poucos autores tentaram introduzir novas definições do termo neste período e a definição mais usual ainda era aquela chamada por Cherp e Jewell (2014) de clássica: disponibilidade de quantidades suficientes de energia a preços acessíveis. Foi a partir do início do século XXI que a academia passou a trabalhar em definições mais precisas da segurança energética e que as pesquisas sobre energia passaram a ter maior envolvimento de organismos internacionais (YERGIN, 2006; ANG; CHOONG; NG, 2015; AZZUNI; BREYER, 2018). Nesse momento, surgem linhas teóricas distintas sobre a segurança energética. De um lado, estão os autores que acreditam que é possível encontrar uma definição universal para este conceito; do outro, aqueles que entendem que a definição da segurança energética depende do contexto geográfico e histórico.

Os autores que buscam uma definição universal para a segurança energética dividem-se em dois grupos. O primeiro passou a incorporar dimensões a este conceito, buscando torná-lo mais abrangente por meio de sua expansão. O *Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento* (PNUD)<sup>3</sup> (2000) é o primeiro nesta linha e, apesar de apresentar uma definição de segurança energética ainda próxima da clássica, incorporou a ela noções de localidade e importação (AZZUNI; BREYER, 2018). Bielecki (2002) apontou que o conceito da segurança energética tem muitas

---

<sup>3</sup> Em inglês, *United Nations Development Programme* (UNDP).

dimensões, que vão desde a política e a militar até a técnica e a econômica. Bielecki apresentou também a visão de que a segurança energética é um bem público, ou seja, um bem que está disponível tanto para quem paga por ele quanto para quem não paga e, por isso, o mercado tem uma tendência a produzir um nível de segurança energética abaixo do ótimo para a sociedade.

Durante as décadas de 2000 e 2010, muitos outros estudos sobre segurança energética incorporaram novas dimensões a este conceito, na tentativa de encontrar uma definição abrangente o suficiente para ser utilizada em qualquer contexto (AZZUNI; BREYER, 2018; DANNREUTHER, 2017). O estudo da *Asia Pacific Energy Research Centre* (APERC) seguiu esta tendência e influenciou diversos estudos sobre este tema. A APERC definiu a segurança energética como a habilidade de uma economia para garantir a disponibilidade do fornecimento de recursos energéticos de forma sustentável e em tempo adequado, com o preço da energia em um nível que não afete adversamente a performance desta economia (APERC, 2007; CHERP; JEWELL, 2014).

A partir deste conceito, a APERC definiu quatro dimensões para a segurança energética, chamados de “4 As da segurança energética”: disponibilidade (*availability*), que trata da existência geológica de recursos; acessibilidade física (*accessibility*), ligada a elementos geopolíticos; aceitabilidade (*acceptability*), relacionada a elementos ambientais e sociais; e acessibilidade econômica (*affordability*), relacionada a elementos econômicos. Esta estrutura foi inspirada nos “5 As do acesso aos serviços de saúde”, propostos na década de 1980, e acrescentou as dimensões da aceitabilidade e da acessibilidade física às dimensões da disponibilidade e da acessibilidade econômica, já contemplados na definição clássica da segurança energética (APERC, 2007; KRUYT, 2009; CHERP; JEWELL, 2014).

A estrutura dos 4 As passou então a ser modificada e ampliada por diversos autores. Von Hippel et al. (2011) afirmaram que uma nação é segura energeticamente se ela possui combustíveis e serviços energéticos disponíveis para garantir a sobrevivência da nação, a proteção do bem-estar nacional e a minimização dos riscos associados ao fornecimento e ao uso dos combustíveis e dos serviços energéticos. A segurança energética teria então as dimensões de fornecimento de energia, econômica, tecnológica, ambiental, sociocultural e militar. Vivoda (2010)<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Apesar do texto de Von Hippel et al. ter sido publicado apenas em 2011, ele já estava disponível online em 2009 e, por isso, é citado por Vivoda em 2010.



complementou as dimensões apresentadas por Von Hippel et al. (2011), entendendo que devem ser considerados também o gerenciamento da demanda, a eficiência, a segurança humana, as políticas públicas e uma dimensão internacional. Ele ressaltou ainda que estas dimensões não estão isoladas nem são independentes, havendo diversas interfaces e sobreposições entre elas.

Narula e Reddy (2016) apresentaram o conceito da segurança energética sustentável (SES), definido como o provisionamento ininterrupto de serviços energéticos de uma forma acessível, equitativa, eficiente e benigna para o meio ambiente. Neste caso, as dimensões da segurança energética seriam a disponibilidade, a acessibilidade, a aceitabilidade ambiental e a eficiência.

Sovacool e Mukherjee (2011) entrevistaram 68 *experts* em segurança energética para identificar quais seriam as dimensões chave deste conceito. Concluíram que elas são a disponibilidade, a acessibilidade, o desenvolvimento tecnológico e eficiência, a sustentabilidade ambiental e social e a regulamentação e governança. Dando continuidade a esta pesquisa, Sovacool (2016) concluiu que a segurança energética é composta, na verdade, por 16 dimensões e que ela pode ser definida como o fornecimento equitativo, para os usuários finais, de serviços de energia disponíveis, acessíveis economicamente, confiáveis, eficientes, benignos para o meio ambiente, governados de maneira proativa e socialmente aceitáveis (SOVACOOOL, 2012; SOVACOOOL, 2013).

Um segundo grupo de autores, seguindo outra linha teórica, buscou tornar o conceito da segurança energética mais abrangente por meio de sua simplificação e não de sua expansão. Cherp e Jewell (2014) criticaram a abordagem dos 4 As da segurança energética e aquelas que se basearam nela. Eles afirmaram que esta abordagem não responde a três perguntas básicas que qualquer especificação de segurança deve responder (BALDWIN, 1997):

- Segurança para quem?
- Segurança para quais valores?
- Contra quais ameaças?

Eles indicaram que a definição de segurança energética proposta por Jewell, Cherp e Riahi (2014) seria a que mais se aproxima de responder a estas perguntas. A segurança energética deveria ser definida então como a baixa vulnerabilidade de sistemas energéticos vitais. Os sistemas vitais são aqueles cuja falha pode perturbar

o funcionamento e a estabilidade da sociedade e a vulnerabilidade de um sistema é uma combinação da sua exposição ao risco e da sua resiliência.

Kanchana e Unesaki (2015) também adotaram uma definição genérica da segurança energética, por acreditarem que só assim é possível fazer discussões comparativas entre países em diferentes contextos tecnológicos. Para eles, a segurança energética poderia ser definida como a segurança do setor de energia nacional, referindo-se especialmente a um fornecimento de energia adequado e estável para atender à demanda e ao funcionamento da economia do país. Cehulic et al. (2013) definem a segurança energética simplesmente como estar livre de qualquer interrupção no fornecimento de energia.

Outros autores notaram que a percepção da segurança energética por diferentes atores é distinta. Os consumidores a veem como preços razoáveis e um serviço sem interrupções. Os grandes produtores de óleo e gás focam na estabilidade do acesso a novas reservas, enquanto as companhias de eletricidade enfatizam a integridade da rede elétrica. Os políticos se preocupam mais em proteger os recursos e as infraestruturas do terrorismo e de guerras. Já os cientistas, os engenheiros e os empreendedores caracterizam a segurança energética como uma função de pesquisa e desenvolvimento em energia, inovação e sistemas de transferência de tecnologia (KNOX-HAYES et al., 2013). Fica evidente que há também uma disputa política relacionada à definição da segurança energética.

Knox-Hayes et al. (2013) entrevistaram consumidores de energia em dez países diferentes para realizar uma comparação transnacional de percepções a respeito da segurança energética. Eles identificaram que fatores sócio demográficos e características regionais afetam a forma como as pessoas percebem a segurança energética, bem como suas atitudes em relação a ela. A pesquisa focou nos seguintes aspectos: disponibilidade, bem-estar, eficiência, acessibilidade econômica, meio ambiente, transparência e clima. Entre os entrevistados, respondentes de países com grande dependência na importação de petróleo foram os que mostraram a menor preocupação com todos os fatores analisados, com exceção da disponibilidade. Mulheres mostraram maior preocupação com a segurança energética do que os homens. Similarmente, pessoas mais velhas apresentaram maior preocupação que os jovens com todos os aspectos da segurança energética analisados.

Sovacool (2016) entrevistou quase 2500 pessoas em 11 países sobre questões relacionadas à percepção delas sobre as dimensões da segurança energética. Ele

constatou que existem diferentes culturas de segurança energética, ou seja, grupos em diferentes contextos culturais, geográficos, econômicos, políticos, profissionais e epistêmicos veem a segurança energética de forma distinta. Contudo, apesar de haver diferenças notáveis, Sovacool indicou que havia mais convergências do que divergências. Deste modo, muitas hipóteses a respeito do comportamento em relação à segurança energética que são apresentados em outros estudos acadêmicos não foram confirmados. Por exemplo, a preferência de alemães e dinamarqueses por sistemas de geração de energia limpa não foi muito maior do que a dos demais respondentes. Participantes de países que possuem regimes mais autoritários, como China e Arábia Saudita, não deram maior peso às dimensões de democracia e transparência do que participantes de países mais democráticos.

Foram estas particularidades que levaram Li, Shi e Yao (2016) a assumirem que, para analisar a segurança energética de países insulares (isolados) pobres em recursos naturais e com economias avançadas, o melhor seria considerar apenas três dimensões da segurança energética: vulnerabilidade, eficiência e sustentabilidade. Estas seriam as dimensões relevantes para estes países. Yergin (2006) afirmou justamente que a segurança energética tem significados diferentes para países diferentes, o que já havia sido dito por Willrich (1976). Cherp e Jewell (2011) ressaltaram que a ideia de que a segurança energética tem diferentes significados em contextos distintos é um avanço em relação às definições universais propostas na literatura moderna. Dannreuther (2017) afirma que não há apenas uma conceptualização correta da segurança energética. Esta conceptualização dependerá das diferentes perspectivas e narrativas.

Sovacool e Brown (2010) argumentaram que a segurança energética é mais significativa em um contexto comparativo do que propriamente como um conceito abstrato. Eles ressaltaram ainda que a definição da segurança energética, além de depender do contexto, muda com o passar do tempo. Chester (2010) afirmou que este conceito é inerentemente “escorregadio” em razão de sua natureza polissêmica, capaz de conter múltiplas dimensões e ter diferentes especificidades dependendo do contexto a que é aplicado. Na visão do autor, é impraticável chegar uma definição que seja comum a todos os contextos. Dannreuther (2017) entende que a segurança energética é difícil de ser definida em função de seu contexto estar em contínua mudança e também porque ela não pode ser reduzida a uma questão puramente técnica. Para ele, a segurança energética deve ser entendida como um valor, que não

pode ser compreendido de maneira isolada, mas apenas em comparação com outros valores, como a prosperidade econômica e a sustentabilidade.

Nem estudos de revisão sobre a segurança energética são capazes de chegar à mesma conclusão sobre quais seriam as suas principais dimensões ou a sua definição. Azzuni e Breyer (2018) fizeram uma revisão sistemática da literatura sobre segurança energética e identificaram 66 definições distintas para este conceito, bem como 15 dimensões principais a ele relacionadas: disponibilidade; diversidade; custo; tecnologia e eficiência; localização; prazo ou período; resiliência; meio ambiente; saúde; cultura; conhecimento e acesso à informação; emprego; políticas; força militar; e segurança cibernética. Ang, Choong e Ng (2015) também revisaram a literatura sobre este tema e encontraram 83 definições diferentes para a segurança energética. A partir destas definições, eles identificaram apenas sete dimensões principais da segurança energética: disponibilidade, infraestrutura, preço da energia, efeitos sociais, meio ambiente, governança e eficiência energética.

A maior parte dos autores sobre este tema concorda apenas que não há consenso sobre o que é a segurança energética, quais são os seus limites e qual é a melhor maneira de mensurá-la (ANG; CHOONG; NG, 2015; JEWELL; CHERP; RIAHI, 2014; KRUYT et al., 2009; MANSSON, JOHANSSON; NILSSON, 2014; RADOVANOVIC; FILIPOVIC; PAVLOVIC, 2017). Mansson, Johansson e Nilsson (2014) foram além e afirmaram que chegar a um consenso sobre a definição da segurança energética seria não apenas improvável, mas também indesejável.

Winzer (2012) destacou que, na falta de uma definição clara, a segurança energética virou um termo guarda-chuva para muitos objetivos de diferentes políticas. Ele recomendou diminuir o conceito da segurança energética para apenas a continuidade do fornecimento de energia, ou seja, voltar à definição clássica, de modo a evitar sobreposições com os objetivos de outras políticas, como a sustentabilidade e a eficiência econômica. Na visão de Winzer, isso evitaria que ocorresse o relatado por Joskow (2009): quando não há uma razão racional baseada no pensamento econômico clássico para justificar uma política, basta argumentar que esta política é necessária para promover a segurança energética. Sovacool e Mukherjee (2011) chegaram a uma conclusão semelhante, de que a grande variedade de definições da segurança energética permite aos atores políticos justificarem as mais diversas ações e políticas energéticas.

Alguns autores argumentam que esta falta de consenso a respeito da segurança energética, bem como sobre suas dimensões e as metodologias para mensurá-la, tem origem no fato deste tema ser estudado e tratado por diversas disciplinas. A segurança energética surgiu como problemas distintos para diferentes disciplinas, resultando em ao menos três perspectivas diversas para abordá-la. Uma delas está ligada à ciência política e focada em questões de soberania, a outra é oriunda da engenharia e concentrada na robustez e uma terceira vem da economia com foco na resiliência. Além destas, outras disciplinas também participam do debate sobre este tema, como a teoria de sistemas e as ciências naturais. Verifica-se, ainda, que não há grande interação entre as metodologias adotadas por cada uma destas disciplinas, tornando a segurança energética um campo multidisciplinar, ao invés de interdisciplinar, o que, muitas vezes, leva a resultados conflitantes sobre como abordar este tema (CHERP; JEWELL, 2011; MANSSON, JOHANSSON; NILSSON, 2014).

Visto que não há consenso na literatura a respeito da definição de segurança energética ou sobre quais seriam as suas principais dimensões, este trabalho segue a linha teórica de Yergin (2006), Chester (2010), Sovacool e Brown (2010) e Dannreuther (2017), que entendem que estas definições dependem do contexto geográfico e histórico em que a segurança energética é aplicada. As suas principais dimensões devem, então, ser identificadas de acordo com a realidade observada no local de estudo, neste caso, Cabo Verde, o que é feito na seção 5.

## **2.2. Histórico dos cabos submarinos**

A primeira sugestão da utilização de cabos submarinos foi feita ainda no século XVIII na Academia de Ciências de Barcelona e os primeiros experimentos foram conduzidos no início século XIX (BRIGHT, 1898). Em 1811, Sommering and Schilling testaram a utilização de um cabo submarino para conduzir energia em baixa tensão através do rio Isar, próximo a Munique (COUCH et al., 1955) e, em 1813, John Sharpe transmitiu sinais ao longo de 7 milhas através de um cabo submerso em um lago (BRIGHT, 1898). A primeira experiência devidamente registrada de instalação de um cabo submarino data de 1838, quando o físico William Brooke O'Shaughnessy conseguiu instalar um cabo de telégrafo por três quilômetros através do rio Hooghly, na Índia (SHAUGHNESSY, 1839).

O próprio Samuel Morse, inventor do telégrafo, fez experimentos com cabos submarinos em 1842 em Nova Iorque. Ele instalou um cabo através do *East River*,

pelo qual conseguiu transmitir mensagens de telégrafo. O isolamento do cabo era feito de cânhamo embebido em alcatrão e piche, envolvido por uma camada de borracha. No entanto, o cabo logo foi danificado pela âncora de um navio. No ano de 1845, Ezra Cornell, que depois fundaria a Universidade de Cornell, instalou um cabo com 12 milhas de comprimento através do rio Hudson. O cabo, isolado por uma camada de algodão, outra de borracha e por fim uma de chumbo, operou por vários meses até ser danificado pelo gelo no ano seguinte. Em 1850, foi instalado o primeiro cabo submarino no canal da Mancha, entre Dover e Calais. Ele funcionou por apenas algumas horas, até ser danificado pela rede de arrasto de um pescador. Apesar deste problema, esta empreitada mostrou que era possível instalar um cabo de telégrafo submarino para ligar a Grã-Bretanha ao continente europeu. (BRIGHT, 1898; HAIGH, 1968; DIBNER, 1959).

O primeiro cabo submarino implantado e mantido para uso comercial foi instalado no Canal da Mancha, em 1851, pela *Submarine Telegraph Company* e funcionou durante 37 anos (HEADRICK; GRISET, 2001). O isolamento utilizado era composto por uma camada de gutta-percha (um tipo de látex), seguido por uma camada de cânhamo e uma armadura externa de fios de ferro. O sucesso desta conexão fez com que, já em 1853, um segundo cabo fosse instalado no canal, desta vez entre as cidades de Dover e Ostend, na Bélgica. Neste mesmo ano, foi instalado com sucesso um cabo submarino entre a Irlanda e a Inglaterra, após algumas falhas em tentativas anteriores. Nos anos seguintes, instalaram-se diversos cabos submarinos na Europa, como entre a Suécia e a Dinamarca e entre a Itália e a Sardenha, bem como o primeiro cabo entre a Europa e a África, pelo mar Mediterrâneo (BRIGHT, 1898).

Após o sucesso destes primeiros cabos para uso comercial, muitos empreendedores passaram a se interessar pela instalação de cabos mais longos, notadamente, do primeiro cabo de telégrafo submarino transoceânico, entre os EUA e a Europa. Esta interligação era de grande interesse para comunidade empresarial dos dois lados do Atlântico. Os desafios técnicos de um cabo submarino transatlântico eram bem maiores do que se tinha tido até então. Não se sabia se os cabos suportariam a pressão no fundo do oceano e se a transmissão de mensagens seria feita em uma velocidade capaz de viabilizar economicamente o empreendimento. Mais que isso, nem se tinha certeza sobre qual era a profundidade dos oceanos. (ZWEIG, 1999; HEADRICK; GRISET, 2001; BRIGHT, 1898).

A primeira pessoa a tentar instalar um cabo submarino transoceânico foi Cyrus Field, que começou a trabalhar neste empreendimento em 1854. Após tomar conhecimento da ideia de ligar os dois continentes com um cabo submarino, Field fez questionamentos a Matthew Maury, diretor do Observatório Nacional, em Washington, e a Samuel Morse. Maury lhe disse que uma série de estudos do oceano entre a ilha da Terra Nova e a Irlanda mostraram a viabilidade de instalar um cabo submarino transatlântico nesta região, enquanto Morse lhe assegurou que a transmissão de sinais através do Atlântico por cabos submarinos era viável. Os anos seguintes foram de intensos preparativos, coordenados por Field, incluindo: a aquisição das concessões e autorizações governamentais necessárias; o desenvolvimento e a fabricação do cabo a ser utilizado no empreendimento; a captação de investidores para financiar o projeto; e a expansão do telégrafo de Nova Iorque até a Terra Nova, o que só foi concluído em 1856 (BRIGHT, 1898; DIBNER, 1959; ATLANTIC [...], 1866).

Em 1857, realizou-se a primeira tentativa de instalar o cabo submarino transoceânico, partindo de Valentia, na Irlanda, rumo à Terra Nova. O cabo utilizado era composto por sete fios de cobre, isolados por três camadas de gutta-percha, formando a alma do cabo. Ela era então revestida por camadas de cânhamo alcatroado, saturado com piche, alcatrão, óleo de linhaça e cera. A armadura do cabo era composta por dezoito arames de ferro, sendo cada um destes arames composto por seis fios em espiral ao redor de um fio central. Uma manobra errada durante a instalação do cabo fez com que ele se partisse e mais de 300 milhas de cabo fossem perdidas. Como não havia comprimento suficiente de cabo disponível para terminar a ligação até a Terra Nova, a empreitada foi adiada para o ano seguinte (BRIGHT, 1898; DIBNER, 1959; ATLANTIC [...], 1866).

Em 1858, o maquinário para instalação do cabo foi melhorado, visando evitar que o problema ocorrido no ano anterior se repetisse, e foi feita uma nova tentativa de instalação do cabo submarino. Contudo, esta tentativa também fracassou, com o cabo se rompendo por três vezes, ocasionando a perda de 540 milhas de cabo. Apesar do fracasso, Field convenceu os investidores a fazer outra tentativa ainda naquele ano, visto que havia quantidade suficiente de cabo disponível. Esta segunda tentativa foi bem-sucedida e a instalação do cabo foi concluída no dia 5 de agosto de 1858, resultando em grandes comemorações tanto nos Estados Unidos, quanto na Grã-Bretanha. Na época, muitos consideraram este o maior evento dos tempos modernos. O jornal *The Times* publicou que este era o principal feito da humanidade desde a

descoberta das Américas por Colombo. Dentre as primeiras mensagens transmitidas, está a famosa troca de congratulações entre a rainha Vitória e o presidente americano James Buchanan. Stefan Zweig (1999) classifica a instalação do cabo submarino transoceânico como um dos grandes feitos da humanidade (BRIGHT, 1898; DIBNER, 1959; ATLANTIC [...], 1866; HEADRICK, D.; GRISET, 2001; ZWEIG, 1999).

As comemorações, entretanto, duraram pouco. Desde o começo, o cabo não estava funcionando de maneira tecnicamente apropriada. As mensagens entre a rainha e o presidente demoraram horas para serem transmitidas. Logo, os sinais recebidos começaram a ficar confusos e as mensagens muitas vezes não eram compreendidas. Foram trocadas pouco mais de 700 mensagens quando, em 20 de outubro de 1858, o cabo parou de funcionar. Posteriormente, concluiu-se que a falha no cabo se devia a uma série de erros técnicos ocorridos durante sua instalação e, depois, durante a sua operação, o que acabou por danificar o seu isolamento, levando o cabo a se deteriorar rapidamente no fundo do oceano (BRIGHT, 1898; DIBNER, 1959; ATLANTIC [...], 1866; HEADRICK, D.; GRISET, 2001; ZWEIG, 1999).

A falha do cabo transatlântico e o fracasso da instalação de um cabo submarino no mar Vermelho para ligar a Grã-Bretanha à Índia levaram o governo britânico a criar um comitê para investigar a questão dos cabos submarinos antes de fazer qualquer novo investimento. Os sucessivos fracassos, também afastaram muitos investidores privados. Deste modo, uma nova tentativa de ligar a Europa à América só foi feita em 1865. O cabo utilizado era muito diferente daquele de 1858. Possuía uma alma com seção circular de cobre 3 vezes maior, utilizando-se apenas cobre de alta condutividade (maior que 85%). Este núcleo de cobre foi revestido por uma camada de material conhecido como composto de Chatterton, seguida por quatro camadas intercaladas de gutta-percha e deste composto. A armadura do cabo foi feita com 10 fios de aço revestidos com uma camada preservativa e espiralados ao redor da alma do cabo (BRIGHT, 1898; DIBNER, 1959; ATLANTIC [...], 1866; HEADRICK, D.; GRISET, 2001; ZWEIG, 1999).

Para instalar o cabo em 1865, utilizou-se o navio *Great Eastern*, o maior navio construído antes do século XX. Contudo, esta tentativa foi novamente um fracasso. O cabo se rompeu e afundou e, após algumas tentativas sem sucesso de recuperá-lo, a empreitada foi abandonada. Uma nova tentativa foi feita no ano seguinte, sendo desta vez bem-sucedida. Além de instalar este cabo, a expedição de 1866 conseguiu ainda recuperar o cabo perdido em 1858 do fundo do oceano e concluir a sua instalação.



Ambos os cabos funcionaram durante muitos anos, apesar de algumas falhas eventuais. Ao final do século XIX, dez cabos submarinos ligavam a América à Europa e muitos outros estavam instalados ao redor do mundo (BRIGHT, 1898; DIBNER, 1959; ATLANTIC [...], 1866; HEADRICK, D.; GRISSET, 2001; ZWEIG, 1999).

Os primeiros cabos submarinos foram utilizados, em sua maioria, para os telégrafos e não para a transmissão de energia. Isso se deve principalmente ao fato de que, durante o século XIX e o início do século XX, os materiais utilizados nos cabos submarinos para isolar eletricamente os condutores não eram capazes de garantir o isolamento elétrico na média ou na alta tensão, inviabilizando a transmissão de energia. Os isolamentos utilizados permitiam transmitir apenas energia em baixa tensão, o que só é viável para distâncias muito curtas. O primeiro cabo de energia submarino dos EUA, por exemplo, foi instalado somente em 1898 e cruzava o Canal Gowanus em Nova Iorque, que possui só 30 metros de largura (BODICKY, 1953).

Os cabos de energia submarinos passaram a ser utilizados com maior intensidade a partir de 1937, quando o desenvolvimento de compostos sintéticos para isolamento dos condutores permitiu a instalação de cabos de energia submarinos com tensões muito mais elevadas do que antes. São exemplos os cabos de 35 kV instalados na Europa após a Segunda Guerra Mundial (BRISNER, 1976). Posteriormente, na década de 1950, passaram a ser utilizados cabos isolados a óleo, como os cabos de 46 kV instalados nos Estreitos de Mackinac em Michigan nos EUA em 1956 (STELZER; SCHWADERER; LORADITCH, 1958; SPATARU, 2018). Destaca-se que estes eram todos cabos em corrente alternada.

O primeiro cabo submarino em alta tensão foi instalado na Suécia, ligando a ilha de Gotland ao continente. Curiosamente, o cabo era em corrente contínua e não alternada. Ele fez parte do primeiro sistema comercial de transmissão de energia em corrente contínua do mundo. O cabo foi desenvolvido numa parceria entre o *Swedish State Power Board* (que atualmente é a empresa Vattenfall AB) e a fabricante de cabos e equipamentos elétricos ASEA (atual ABB). A ideia para a implantação do cabo surgiu em 1947, como uma resposta ao descontentamento do povo de Gotland com o preço da energia, o maior do país. Este preço era elevado porque toda a energia da ilha era gerada por usinas termelétricas a carvão e a óleo, diferentemente do restante da Suécia, que contava com usinas hidrelétricas (GOETHE, 2017; ABB, 2006).

O projeto terminou de ser desenvolvido em 1949 e, no ano seguinte, o parlamento sueco aprovou a liberação de recursos para a sua implementação. A construção do cabo demorou algum tempo em função do caráter pioneiro do projeto, o que trouxe diversos desafios técnicos. Ele finalmente ficou pronto em 1953 e foi instalado em 1954, começando a operar neste mesmo ano. Contudo, sua inauguração ocorreu apenas em 1956, quando todo o sistema ficou pronto. Trata-se de um cabo de 100 kV, com capacidade de transmitir 20 MW de potência e um comprimento total de 96 km. O cabo foi posteriormente recapitado para uma tensão de 150 kV e uma capacidade de transmissão de 30 MW (GOETHE, 2017; ABB, 2006).

O primeiro cabo submarino em alta tensão e corrente alternada instalado no mundo foi, provavelmente, o cabo que liga a ilha de Vancouver ao continente, no Canadá. Instalado em 1956, trata-se, na verdade, de cinco cabos monopolares em 138 kV, dos quais três eram utilizados para formar um circuito tripolar de 120 MW, enquanto os demais eram cabos reservas. O comprimento total do cabo era de aproximadamente 23 km. Decidiu-se instalar o cabo quando o pico de demanda de energia da ilha praticamente se igualou à capacidade instalada no ano de 1955, sendo que, dentre as alternativas avaliadas para atender a esta demanda, a utilização dos cabos submarinos para interligar a ilha ao continente se mostrou a mais vantajosa tanto técnica, quanto economicamente (INGLEDOW et al., 1957).

A partir da década de 1960, a tecnologia dos cabos de energia submarinos passou por uma série de evoluções. Em 1962, foram utilizados os primeiros cabos com isolamento de borracha etileno-propileno (EPR, sigla do termo em inglês *ethylene-propylene rubber*). Os primeiros cabos com isolamento em polietileno reticulado, conhecido como XLPE, foram instalados na Europa em 1973, para conectar a ilha de Aland, na Finlândia, ao continente. Eram 3 cabos de 84 kV em corrente alternada com 55 km de comprimento. Já o primeiro cabo submarino de XLPE em corrente contínua foi instalado apenas em 2002. Chamado de *Cross Sound Link*, este cabo liga New Haven a Long Island, nos EUA, por uma distância de 40 km. Trata-se de um cabo de 330 MW e 150 kV (ABB, 2003; 2011; SPATARU, 2018).

Destaca-se, ainda, que o primeiro cabo de energia submarino para ligar a Inglaterra à França através do Canal da Mancha foi instalado apenas em 1961, 110 anos após o primeiro cabo submarino de telégrafo do canal. Chamado de *HVDC Cross-Channel*, o cabo possuía 64 km de comprimento, operava em 100 kV e tinha uma capacidade de transmissão de potência de 160 MW. Ele foi desativado em 1984

(LONG; NILSSON, 2007). Nota-se que a evolução da transmissão de energia submarina é mais lenta que a evolução das comunicações por cabos submarinos. Em 1955, foi instalado o primeiro cabo coaxial entre a Europa e a América e, em 1988, o primeiro cabo de fibra óptica transatlântico. Enquanto existem atualmente pouco mais de 11.000 quilômetros de cabos de energia submarinos instalados para as mais diversas aplicações<sup>5</sup>, o total de cabos submarinos para telecomunicações passa de 1 milhão de quilômetros (ARDELEAN; MINNEBO, 2015; EICHENGREEN; LAFARGUETE; MEHL, 2016).

### **2.3. Caracterização do local de pesquisa – Cabo Verde**

O arquipélago de Cabo Verde está localizado no Atlântico Norte, a 455 km da costa africana, e é composto por dez ilhas: Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia, São Nicolau, Sal, Boa Vista, Maio, Santiago, Fogo e Brava, além de alguns ilhéus e ilhotas, totalizando uma área terrestre de 4.033 km<sup>2</sup>. O país possui também uma Zona Econômica Exclusiva de 734.265 km<sup>2</sup>. A população de Cabo Verde é de aproximadamente 530 mil pessoas, das quais quase 30% vivem em Praia, a maior cidade do arquipélago. O Produto Interno Bruto (PIB) do país, em 2017, era de US\$ 1,75 bi, o que corresponde a um PIB *per capita* em torno de US\$ 3000. Apesar de baixo, este é o 13º maior PIB *per capita* de toda a África. Segundo dados do PNUD, Cabo Verde apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,648, o que o deixa na posição 122 em um ranking com 187 países. Entretanto, este é o décimo maior IDH entre os países africanos e o sexto maior da África Subsaariana (INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, 2017a; UNDP, 2016; WORLD BANK, 2018a).

#### **2.3.1. Governança do setor de energia**

O setor de energia cabo-verdiano já esteve sob a responsabilidade de diversos ministérios, sendo muitas as mudanças nos últimos anos. Em 2003, a tutela do setor energético era do Ministério da Economia, Crescimento e Competitividade (MECC). Dentro do MECC, havia a Direcção Geral da Industria e Energia (DGIE), responsável, entre outros, pela concepção, execução e avaliação da política energética e de

---

<sup>5</sup> As principais utilizações dos cabos de energia submarinos são: a ligação entre ilhas e continentes; a interligação de sistemas elétricos autônomos; a conexão de parques eólicos *offshore*; o cruzamento de rios, canais, estreitos e baías; a alimentação de equipamentos de produção *offshore* de óleo e gás; e a alimentação de equipamentos submarinos de monitoramento dos mares e dos oceanos.

dessalinização. O MECC sofreu uma reestruturação em 2009 e a DGIE foi substituída pela Direção Geral da Energia (DGE), mantendo as mesmas atribuições que a DGIE no que diz respeito ao setor energético. Em 2013, a responsabilidade pelo setor energético passou do MEEC para o Ministério do Turismo, Indústria e Energia (MTIE), sendo mantida a DGE. O MTIE foi substituído, em 2015, pelo Ministério do Turismo, Investimentos e Desenvolvimento Empresarial (MTIDE), que passou a ter a tutela do setor energético, sendo que, mais uma vez, a DGE continuou com suas atribuições. Em 2016, o setor de energia passou a ser responsabilidade do Ministério da Economia e Emprego (MEE). A DGE foi extinta e deu lugar à Direção Nacional de Energia, Indústria e Comércio (DNEIC), que passou a cuidar não apenas da política energética, mas também da política industrial e comercial (CABO VERDE, 2003b, 2009a, 2013a, 2015a, 2016a).

Houve uma nova reformulação governamental em 2018, quando o MEE foi desmembrado em três outros ministérios. Destes novos ministérios, aquele que ficou responsável pelo setor de energia foi o Ministério da Indústria, Comércio e Energia (MICE). A DNEIC teve seu nome mudado para Direção Nacional de Indústria, Comércio e Energia (DNICE), mas manteve todas as suas atribuições. Apesar das constantes mudanças no ministério responsável pelo setor energético, a tutela da política energética teve menos mudanças. Mais que isso, nas alterações da DGIE para a DGE e depois para a DNEIC e DNICE, nota-se mais uma mudança de nomes do que propriamente de atribuições, especialmente no que diz respeito ao setor energético. Estas atribuições permaneceram praticamente inalteradas em todo este período, tratando-se da concepção, execução e avaliação da política energética (CABO VERDE, 2018a; OBSERVADOR, 2017).

Além da supervisão pela DNICE, o setor de energia é regulado também, desde 2003, pela Agência de Regulação Económica (ARE), que regula ainda os setores de água, transportes coletivos urbanos de passageiros e transportes marítimos de passageiros. Trata-se de uma entidade independente, que não está submetida à supervisão nem à tutela do governo em suas funções reguladoras. É a ARE que determina as tarifas de eletricidade e os preços máximos de venda de combustíveis cobrados dos consumidores finais. Dentre suas principais atribuições, estão: proteger o equilíbrio econômico-financeiro dos prestadores de serviço e proteger os direitos e interesses dos consumidores, em questões de preços, tarifas e qualidade dos serviços prestados. A independência da ARE se mostra estratégica para evitar ingerências

políticas nos mercados de energia e combustíveis de Cabo Verde (CABO VERDE, 2003c, 2006, 2014cc).

### **2.3.2. Mercado de energia**

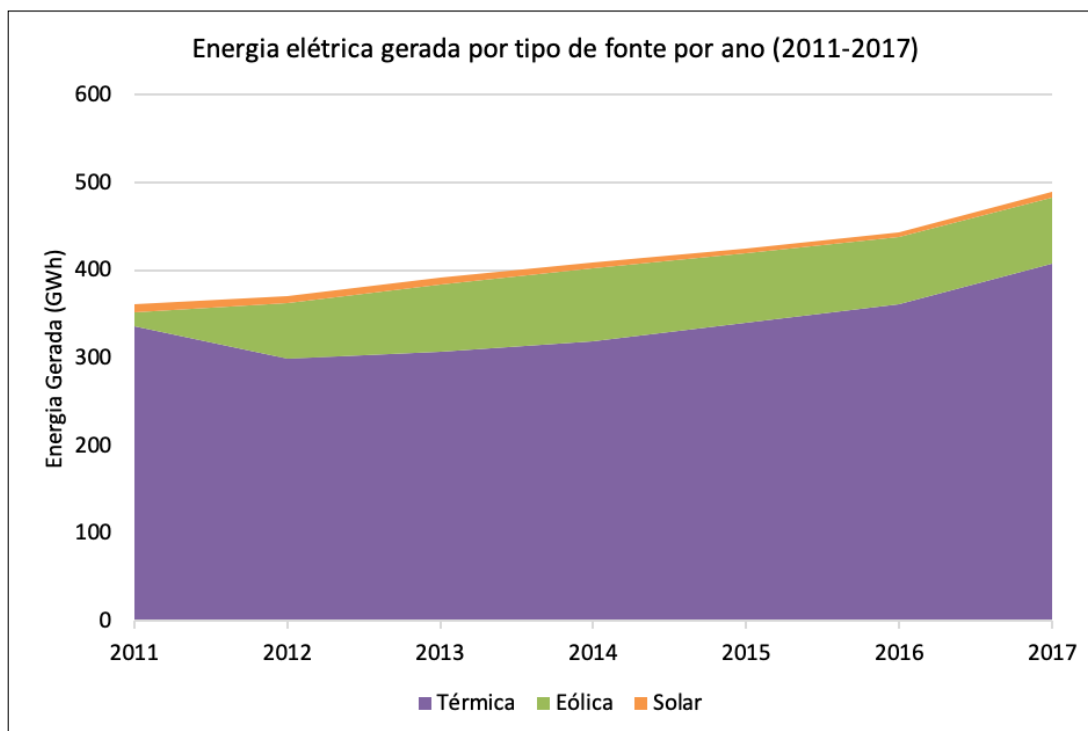
Poucas empresas atuam no mercado de energia de Cabo Verde, tanto no setor de eletricidade, quanto no de combustíveis. A principal empresa do setor de energia elétrica é a Electra SA, empresa pública criada em 1982 (chamava-se então Electra EP) e que, desde 2000, detém a concessão das redes de distribuição e das centrais de geração de eletricidade de quase todas as ilhas do arquipélago. A empresa passou por um processo de privatização em 1999, contando atualmente com a seguinte participação acionária: 49% do governo de Cabo Verde, 30,6% da empresa portuguesa Electricidade de Portugal e 20,4% da empresa portuguesa Águas de Portugal SGPS. Em 2013, a então Electra SARL se dividiu em três: a matriz Electra SA e duas filiais, a Electra Norte, que atua nas ilhas de Santo Antão, São Vicente, São Nicolau e Sal, e a Electra Sul, com atuação em Maio, Santiago, Fogo e Brava. A Electra SA foi responsável pela geração de mais de 70% e pela distribuição de quase 90% de toda a eletricidade produzida em Cabo Verde em 2017 (CABO VERDE, 2014cc; ELECTRA SA, 2018b).

Além da Electra, atuam no setor de geração e distribuição de energia as empresas Águas e Energia de Boa Vista (AEB), em Boa Vista, e a Águas de Ponta Preta (APP), no Sal. A AEB é uma empresa público-privada que, em 2017, produziu e distribuiu 6,4% da energia de Cabo Verde. Já a APP é uma empresa privada que foi responsável por 5,3% da energia gerada e distribuída no país em 2017. Existem ainda outras duas empresas importantes no setor de geração elétrica, cuja energia é distribuída pela Electra: a Cabeólica e a Electric Wind. Ambas as empresas têm apenas parques eólicos e respondem pela maior parte da energia gerada por fontes renováveis em Cabo Verde (92%). A Cabeólica é uma empresa público-privada que tem como acionistas o governo de Cabo Verde, a Electra SA e fundos de investimento europeus. Ela possui parques eólicos nas ilhas do Sal, Santiago, São Vicente e Boa Vista e gerou 15,4% da energia do país em 2017. A Electric Wind é uma empresa privada que atua apenas na ilha de Santo Antão. Ela possui um parque gerador muito menor do que da Cabeólica, tendo gerado apenas 0,16% da energia de Cabo Verde em 2017 (CABO VERDE, 2014cc; CABEÓLICA, 2018b).

No setor de combustíveis, há um duopólio, constituído pelas empresas Enacol (Empresa Nacional de Combustíveis) e Vivo Energy. A Enacol foi criada pelo governo de Cabo Verde, em 1979, para enfrentar a crise do petróleo, visando garantir o abastecimento do país e evitar a especulação de preço dos combustíveis. Em 1996, a empresa passou por uma reestruturação, com a venda de 65% da participação social do Estado para empresa portuguesa Galp Energia e para a empresa angolana Sonangol. Atualmente, o governo de Cabo Verde detém apenas 2,1% da empresa. A Vivo Energy é a maior empresa do setor de combustíveis da África, atuando em 15 países. Em 2010, ela adquiriu os ativos da Shell Cabo Verde, que atuava no país desde 1919. A Enacol detém aproximadamente 60% do mercado interno de combustíveis, ficando o restante com a Vivo Energy (CABO VERDE, 2014cc; ENACOL, 2018; VIVO ENERGY, 2018; EXPRESSO, 2012).

A produção de energia elétrica cresceu significativamente nos últimos anos, de 360,8 GWh, em 2011, para 490,1 GWh, em 2017. A maior parte desta energia é gerada por usinas termelétricas a diesel. Com a instalação de parques eólicos nas ilhas de Santiago, São Vicente, Sal e Boa Vista, nos anos de 2011 e 2012, a participação dos combustíveis fósseis na matriz energética elétrica de Cabo Verde reduziu significativamente. A produção de eletricidade por fontes fósseis, que representava mais de 95% do total em 2010, foi de apenas 78,12% do total em 2014. Contudo, a não continuidade dos investimentos em fontes renováveis resultou em um novo aumento da participação dos combustíveis fósseis na geração de energia, que chegou a 83,14% do total em 2017, como pode ser visto na Figura 2.1 (ELECTRA SARL, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016; ELECTRA SA, 2017, 2018a; CABEOLICA, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018a; APP, 2018).

Figura 2.1 – Energia elétrica gerada por tipo de fonte por ano (2011-2017)



Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Electra SARL (2012, 2013, 2014, 2015, 2016), Electra SA (2017, 2018), Cabeólica (2014, 2015, 2016, 2017, 2018), APP (2018) e dados fornecidos pela DNICE ao autor em outubro de 2018.

### 2.3.3. Sistema elétrico

Cada ilha do arquipélago funciona atualmente como um sistema elétrico isolado e de baixa confiabilidade. Foram registrados 173 *blackouts* em 2017, correspondendo a um total de 5.203 minutos de falta de fornecimento de energia elétrica. A ilha com o maior número de interrupções no fornecimento foi Maio, que registrou 54 *blackouts*. Estes *blackouts* são causados principalmente por falhas ou avarias na rede de distribuição ou nas centrais geradoras de energia. Além do isolamento entre ilhas, há também casos de pequenas redes elétricas municipais isoladas da rede principal da ilha, principalmente em Santo Antão e Fogo. Nestes locais, a energia fica disponível por apenas algumas horas durante à noite, geralmente das 18h até, no máximo, as 24h (ELECTRA SA, 2018a; CABO VERDE, 2014cc; LOPES, 2016). O sistema elétrico do país atendia a 90,1% da população em 2017. Este valor está acima da média mundial de 87,3%, e é bem superior ao que se observa na maior parte dos países africanos (GESTO ENERGIA, 2011; INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, 2018; WORLD BANK, 2018b).

O sistema elétrico de Cabo Verde é vulnerável a eventos climáticos extremos, embora estes não sejam comuns no arquipélago. Em 2015, o furacão Fred danificou

a rede de distribuição de Boa Vista, deixando a ilha sem eletricidade por algumas horas. As falhas no fornecimento de eletricidade também estão relacionadas ao isolamento das ilhas. Como algumas delas possuem poucas centrais geradoras, no caso de falhas ou avarias em algumas destas centrais, sejam por problemas técnicos ou por eventos climáticos extremos, há considerável perda de carga no sistema, uma vez que não há alternativas de geração para o suprimento da demanda (ELECTRA SA, 2018a; A NAÇÃO, 2016).

As ilhas de Cabo Verde não estão isoladas eletricamente apenas entre si, mas também do continente africano. Desse modo, o país não participa de qualquer mercado internacional de eletricidade. Contudo, a falta de recursos petrolíferos faz com que o país importe 100% dos combustíveis fósseis que utiliza, participando ativamente dos mercados internacionais. Entre 2012 e 2016, as importações de combustíveis fósseis corresponderam a 14,24% de todos os bens importados (CABO VERDE, 2018b). A dependência energética do exterior é da ordem de 75% em Cabo Verde. Em 2016, o país importou 164.342 toneladas de combustíveis, correspondendo a um gasto de US\$ 59,77 milhões. Este combustível é importado principalmente da Holanda, Grécia, Rússia, Geórgia, Togo, Malásia e Portugal (INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, 2017b; WORLD BANK, 2018; CABO VERDE, 2017c).

#### **2.3.4. Preço da energia**

O preço médio da eletricidade em Cabo Verde era de 0,32 US\$/kWh em março de 2018. Trata-se de um preço muito alto, no mesmo patamar dos maiores valores cobrados pela energia elétrica no mundo, como na Alemanha (0,34 US\$/kWh), na Dinamarca (0,35 US\$/kWh), na Papua Nova Guiné (0,40 US\$/kWh) e em Tonga (0,42 US\$/kWh), embora bem abaixo da recordista Ilhas Salomão (0,98 US\$/kWh). O valor da eletricidade em Cabo Verde também está acima do valor médio cobrado na África Subsaariana, que é de 0,20 US\$/kWh (EUROSTAT, 2018; AGÊNCIA DE REGULAÇÃO ECONÔMICA, 2018a; IEA, 2018; ARLET, 2017).

Apesar de alto, o preço da energia em Cabo Verde é relativamente estável, sendo reajustado, em geral, entre uma e três vezes ao ano. Em 2017, houve apenas um reajuste, que aumentou as tarifas de energia em aproximadamente 8,3%, enquanto, em 2016, foram 3 reajustes que corresponderam em uma redução de 17%



em relação aos valores do ano anterior<sup>6</sup>. O governo cabo-verdiano, em nome da equidade social, promove subsídios cruzados geográficos no preço da eletricidade, de modo que se obtenha um único preço em todo o arquipélago, apesar dos custos de produção serem diferentes entre as ilhas (ELECTRA SA, 2017; SEGURADO et al., 2015).

O preço dos combustíveis em Cabo Verde também está acima da média mundial. A gasolina, em setembro de 2018, custava 1,43 US\$/litro para o consumidor, enquanto a média mundial foi de 1,16 US\$/litro. A mesma coisa ocorre para o diesel, que custava 1,17 US\$/litro para o consumidor em Cabo Verde e 1,06 US\$/litro na média mundial. Contudo, os preços em Cabo Verde estão muito abaixo dos maiores verificados no mundo, de 2,16 (Hong Kong) e 1,99 (Islândia) para a gasolina e o diesel, respectivamente<sup>7</sup>.

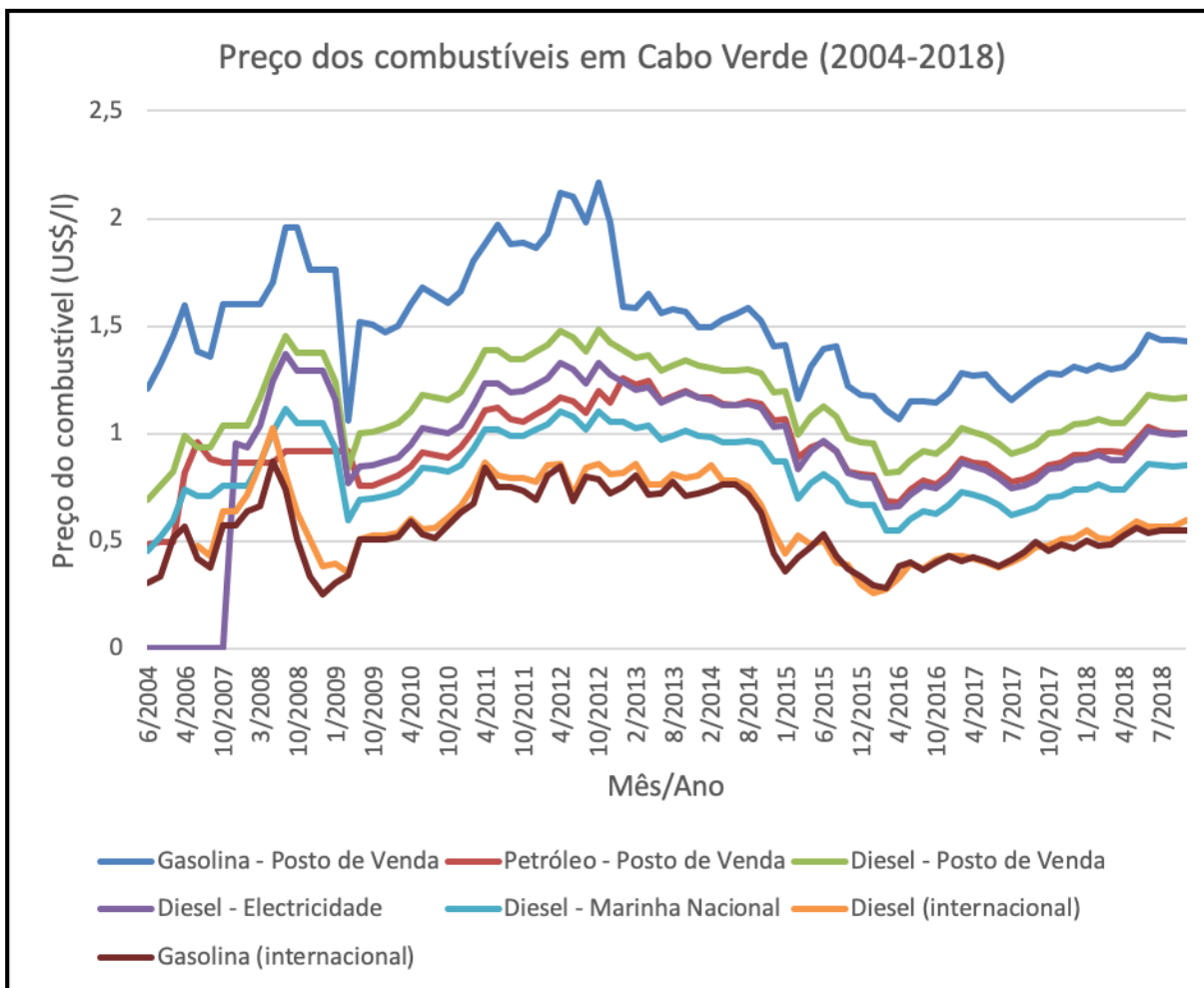
Com relação à variação do preço dos combustíveis, verifica-se que eles são muito mais voláteis que o preço da energia elétrica, como pode ser visto na Figura 2.2. A variação máxima verificada entre o preço máximo de um determinado mês para o do mês seguinte foi de quase 40%. Estas variações são condizentes com as variações internacionais do preço dos combustíveis fósseis no mercado internacional, ao qual Cabo Verde fica sujeito por importar 100% dos derivados de petróleo que consome. Destaca-se ainda que o preço da gasolina é muito maior que o preço do diesel para o consumidor em Cabo Verde em função da diferença de imposto incidente sobre cada um destes combustíveis, 45% e 18%, respectivamente (AGÊNCIA DE REGULAÇÃO ECONÔMICA, 2018b; EXPRESSO, 2012).

---

<sup>6</sup> Todos os reajustes no valor da tarifa de energia em Cabo Verde desde o ano de 2011 estão disponíveis no site [http://www.are.cv/index.php?option=com\\_content&task=view&id=261&Itemid=140](http://www.are.cv/index.php?option=com_content&task=view&id=261&Itemid=140).

<sup>7</sup> O preço do diesel e da gasolina em diversos países do mundo está disponível em <https://www.globalpetrolprices.com>.

Figura 2.2 – Preço dos combustíveis em Cabo Verde e no mercado internacional de 2004 a 2018



Fonte: Elaborado pelo autor baseado em [http://www.ave.cv/images/stories/combustiveis/historico\\_010918.pdf](http://www.ave.cv/images/stories/combustiveis/historico_010918.pdf) e <https://www.indexmundi.com/commodities/>

### 2.3.5. Investimentos no setor de energia

O governo de Cabo Verde previu, em seus orçamentos anuais, investir no setor de energia, em média, US\$ 25,4 milhões (aproximadamente 1,45% do PIB) por ano entre 2012 e 2016. Contudo, analisando as Contas Gerais do Estado, verifica-se que foram investidos, em média, apenas 13,5 milhões por ano, ou seja, menos de 60% do previsto, conforme pode ser visto na Tabela 2.1. Os valores destinados ao setor de energia representam 6,8% de todos os investimentos governamentais feitos neste período (CABO VERDE, 2011, 2012, 2013q, 2014z, 2014bb, 2015c, 2015d, 2016c, 2016b, 2016d, 2017b). A Electra SA, por sua vez, investiu uma média de US\$ 23 milhões por ano na manutenção, ampliação e modernização de suas usinas geradoras e de sua rede de transmissão e distribuição de energia entre 2013 e 2017. No mesmo

período, a Enacol investiu, em média, US\$ 2,5 milhões por ano em inovação, manutenção e expansão (ELECTRA SARL, 2014, 2015, 2016; ELECTRA SA, 2017, 2018a; ENACOL, 2018).

Tabela 2.1 – Orçamento de investimento no setor energético x investimentos de fato realizados pelo governo de Cabo Verde entre 2012 e 2016

<b>Ano</b>	<b>Orçamento para investimento no Setor Energético (US\$)</b>	<b>Orçamento Revisado para investimento no Setor Energético (US\$)</b>	<b>Investimentos realizados no setor energético (US\$)</b>	<b>% do orçamento que foi realizado</b>
2012	15.820.671,98	18.200.172,58	8.584.507,32	47,17%
2013	35.272.535,31	39.111.373,96	9.115.918,58	23,31%
2014	23.031.010,87	30.426.120,88	19.783.448,48	65,02%
2015	18.562.957,83	25.088.246,99	19.655.102,20	78,34%
2016	13.309.393,79	14.286.981,81	10.488.500,15	73,41%

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Cabo Verde (2014z, 2015c, 2015d, 2016b, 2017b).

Os investimentos em energias renováveis em Cabo Verde remontam à década de 1970, quando o Ministério do Desenvolvimento, com apoio da Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID)<sup>8</sup> e de uma cooperação holandesa, desenvolveu um programa de instalação e manutenção de aerobombas, que utilizavam a energia eólica para bombear água de poços. Na década de 1980, foi criado o Instituto Nacional de Investigação Tecnológica (INIT), para promover a inovação nas áreas de recursos naturais, marinha e de energia. O INIT instalou, em 1986, o primeiro gerador eólico com uma capacidade considerável de geração de energia, por volta de 187 MWh por ano. Além deste, outros geradores eólicos foram instalados pelo INIT entre os anos de 1986 e 1989, que implantou ainda instalações de biogás de pequeno porte no início da década de 1990 (CABO VERDE, 2015e).

Em 1986, foi lançado o Programa Regional Solar (PRS), financiado pela União Europeia. Ele tinha o objetivo de instalar painéis fotovoltaicos em centros de saúde e escolas isolados e para o bombeamento de água. Este programa teve duas fases bem-sucedidas, uma na década de 1990 e outra na década de 2000. Estes primeiros investimentos em energias renováveis abriram o caminho para a instalação de parques eólicos e solares bem maiores nas décadas de 2000 e 2010, sempre contando com a ajuda de financiamentos internacionais. É o caso dos parques eólicos

<sup>8</sup> Em inglês, *United States Agency for International Development*.

da CABEÓLICA (investimento de bancos de desenvolvimento) e da ELECTRIC WIND (financiamento do governo e de empresas holandeses), bem como dos parques solares da Electra SA (financiamento do governo português) (CABO VERDE, 2015e).

Foi lançado, em 2017, o Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável de Cabo Verde (PEDS). Dentre as diversas medidas propostas pelo governo, está a implementação do Programa Nacional para a Sustentabilidade Energética. Uma das principais propostas deste programa é a criação do Instituto de Energia e Indústria, para atuar nas áreas de regulação, planejamento, formulação de políticas e promoção da inovação. Outros pontos importantes do programa são o desenvolvimento das energias renováveis e a promoção da eficiência energética. Busca-se inserir energias renováveis até o limite da taxa de penetração do sistema elétrico de Cabo Verde e diminuir as enormes perdas técnicas e não técnicas observadas no setor de distribuição de energia. Estas perdas correspondem, em média, a mais de 25% de toda a energia gerada no país. Em países desenvolvidos, estas perdas ficam entre 4 e 12% (CABO VERDE, 2017c; ELECTRA SARL, 2014, 2015; ELECTRA SA, 2016, 2017, 2018; NAVANI; SHARMA; SAPRA, 2012).

### **2.3.6. Emissões de GEE e de poluentes pelo setor de energia**

O PEDS também cita a ameaça que o uso da lenha tem sobre a cobertura vegetal de Cabo Verde. Como este é o único combustível utilizado em Cabo Verde que não é importado, sua utilização se traduz diretamente em desmatamento dos recursos florestais cabo-verdianos. Em 2016, 25,2% da população do país usava a lenha como a principal fonte de energia para cozinhar. O uso da lenha também impacta as emissões de GEE, de modo que, na Contribuição Nacionalmente Determinada Pretendida (iNDC) enviada à ONU em 2017, o governo de Cabo Verde se comprometeu a eliminar o uso deste combustível até 2025 (CABO VERDE, 2004b, 2017a; INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, 2017a).

Além do uso da lenha, há diversas outras fontes para as emissões de GEE em Cabo Verde. Uma das principais é a produção de eletricidade. O país gerou 361,2 GWh de energia elétrica por meio de usinas termelétricas a óleo diesel em 2016. Considerando um fator de emissões de GEE de 912 gCO<sub>2eq</sub>/kWh para estas usinas, verifica-se que foram emitidos 334.173 tonCO<sub>2eq</sub> neste ano (GARCIA et al., 2014). Outra grande fonte de emissões é o setor de transportes, que consumiu 82.855 toneladas de combustíveis em 2010. Este consumo resultou na emissão de 262.634

tonCO<sub>2eq</sub>. Verifica-se que Cabo Verde apresenta um valor de emissões de carbono *per capita* baixo, de 0,9 ton/hab. Este valor é igual à média dos países subsaarianos (0,9 ton/hab) e menor que o de outros países insulares africanos como as Ilhas Maurício (3,4 ton/hab) e Seychelles (5,3 ton/hab) (CABO VERDE, 2014cc; IPCC, 2001; WORLD BANK, 2018d).

Destaca-se que a queima de combustíveis fósseis é a principal fonte global de poluição do ar. Além do dióxido de carbono, são emitidos gases poluentes como dióxido de enxofre e óxido de nitrogênio, além de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, mercúrio e químicos voláteis. Estes gases e particulados emitidos tem graves impactos na saúde humana, não só no sistema respiratório, mas também nos sistemas cardiovascular, nervoso, urinário e digestivo. Eles são a principal causa de doenças pediátricas no mundo. Anualmente, 570 mil crianças abaixo de 5 anos morrem de doenças associadas à poluição do ar, principalmente infecções respiratórias. Em Cabo Verde, essas infecções estão entre as principais causas de morte de crianças com menos de 5 anos (PERERA, 2017; KAMPA; CASTANAS, 2007; WHO, 2017; CABO VERDE, 2014aa).

### **2.3.7. Recursos hídricos**

Além da poluição do ar, a degradação e a contaminação da água pode ser crítica em Cabo Verde, por se tratar de um país pobre em recursos hídricos. Em muitos países, usinas termelétricas impactam negativamente rios e lagos ao utilizar sua água para resfriar equipamentos e, depois, devolvê-la em temperaturas muito elevadas, afetando os ecossistemas aquáticos. Contudo, não é verificado qualquer tipo de impacto relevante das usinas termelétricas de Cabo Verde nos recursos hídricos do país (CABO VERDE, 2014cc, RAPTIS, VLIET, PFISTER, 2016).

A falta de recursos hídricos em Cabo Verde também se reflete na falta de água para o abastecimento da população. A dessalinização fornece a maior parte da água para o consumo. Nos principais centros urbanos, esta é a única opção. Em 2017, havia capacidade para dessalinizar 35.150 m<sup>3</sup> de água por dia. Contudo, o custo energético é alto, utilizam-se aproximadamente 3,75 kWh/m<sup>3</sup> neste processo. Isso se traduz em um alto consumo de energia para dessalinização no país. Em 2017, 8,4% de toda a energia elétrica produzida pela Electra SA foram consumidos por centrais de dessalinização, o que corresponde a mais de 35 GWh. Todo este gasto energético para a produção de água faz com que o país tenha a tarifa de água mais cara de toda

a África (CABO VERDE, 2014cc, 2015e, 2015f; ELECTRA SA, 2018; VIEIRA; 2017; SEGURADO et al., 2015).

### **2.3.8. Acesso à informação no setor de energia**

Por fim, destaca-se que o governo de Cabo Verde publica, periodicamente, diversos dados sobre a energia no país. Dados de produção e consumo de eletricidade, acesso à rede elétrica, penetração das energias renováveis, entre outros, são divulgados anualmente pelo Instituto Nacional de Estatística (INE). O INE divulga ainda dados trimestrais e anuais das trocas comerciais de Cabo Verde, permitindo visualizar a quantidade de combustíveis importados. A ARE divulga, periodicamente, os valores das tarifas de energia e do valor máximo dos combustíveis. Todas as decisões do governo com relação ao setor energético são divulgadas nos boletins oficiais, que estão disponíveis na internet. As principais empresas de energia do país, em especial aquelas que tem participação acionária do governo, como a Electra, a Cabeólica e a Enacol, divulgam, periodicamente, relatórios detalhados sobre sua operação, trazendo informações como a energia produzida ou o volume de combustíveis importados e vendidos.

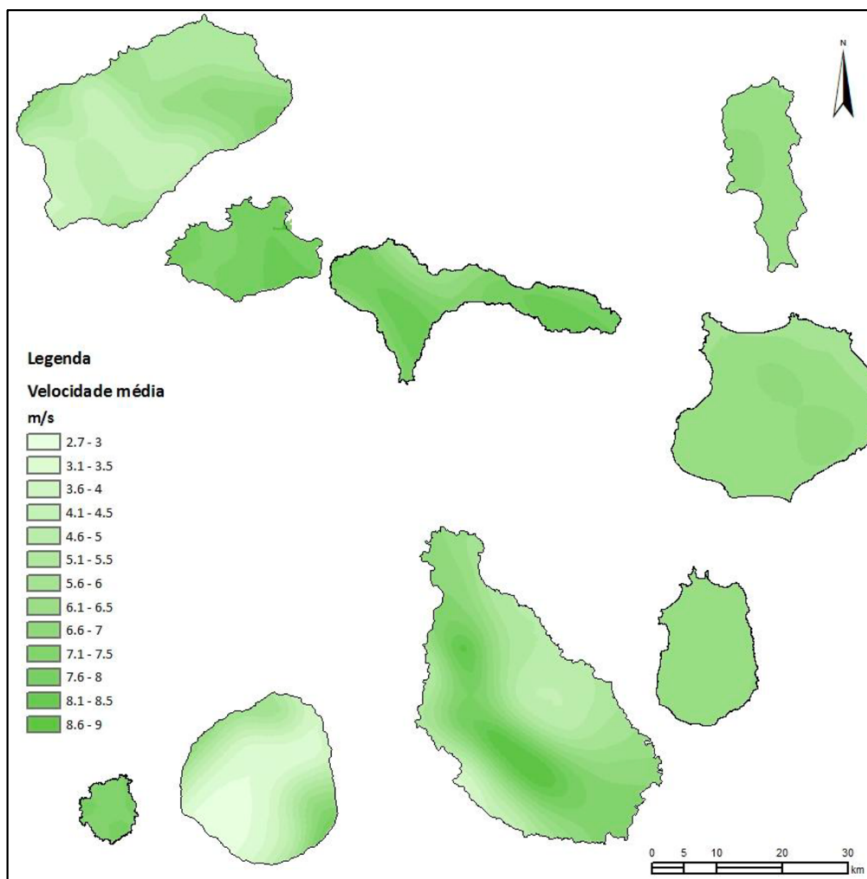
### **2.3.9. Potencial de energias renováveis em Cabo Verde**

Cabo Verde apresenta um grande potencial para a geração de eletricidade por meio de fontes renováveis. O país já tem aproveitamentos importantes dos recursos eólico e solar. Em 2017, os parques eólicos cabo-verdianos possuíam uma potência instalada total de 26,55 MW e geraram pouco mais do que 76 GWh. Os parques solares, por sua vez, equivalem a uma potência instalada de 5,7 MW, tendo gerado aproximadamente 6,5 GWh. Contudo, esta geração renovável de energia elétrica correspondeu a apenas 17,1% do total em 2017, o que mostra que há margem para aumento. Os técnicos do setor de energia entrevistados durante pesquisa de campo afirmam que uma penetração de até 30% de renováveis é viável nas condições atuais.

Analisando o mapa da velocidade média do vento no arquipélago, Figura 2.3, verifica-se que apenas as ilhas de Fogo e Santo Antão, mais montanhosas, não apresentam um bom potencial para exploração deste recurso. Ainda assim, há locais adequados para a instalação de parques eólicos nestas ilhas. Em Santo Antão, já existe um parque eólico com potência instalada de 500 kW. As ilhas com os melhores potenciais eólicos são Santiago, São Vicente e São Nicolau. Nas duas primeiras, já existem parques eólicos, com potência instalada de 9,35 MW e 5,95MW,

respectivamente. Em São Nicolau não há qualquer aproveitamento da energia eólica. Contudo, destaca-se que, em Santiago, as zonas com maior velocidade média do vento não são adequadas para instalação de geradores eólicos, por se tratar de áreas muito escarpadas e de difícil acesso (GESTO ENERGIA, 2011).

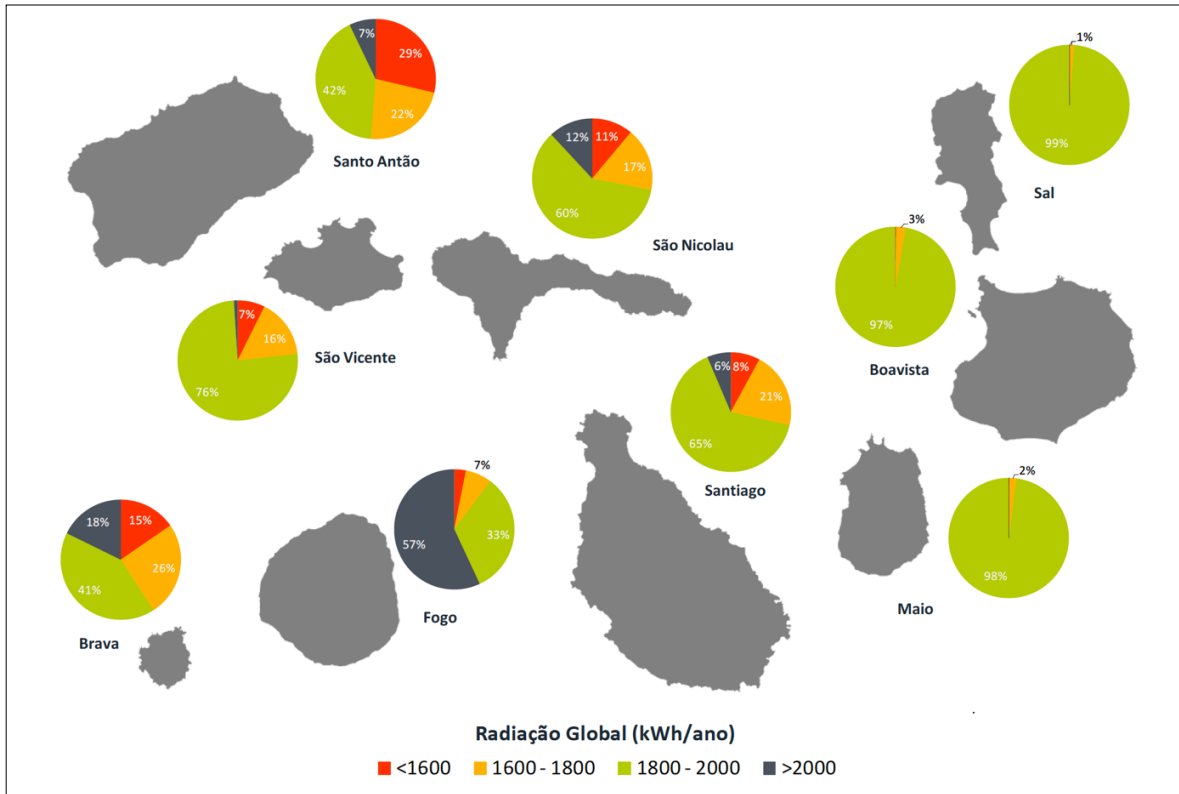
Figura 2.3 – Velocidade média do vento em Cabo Verde.



Fonte: Gesto Energia (2011).

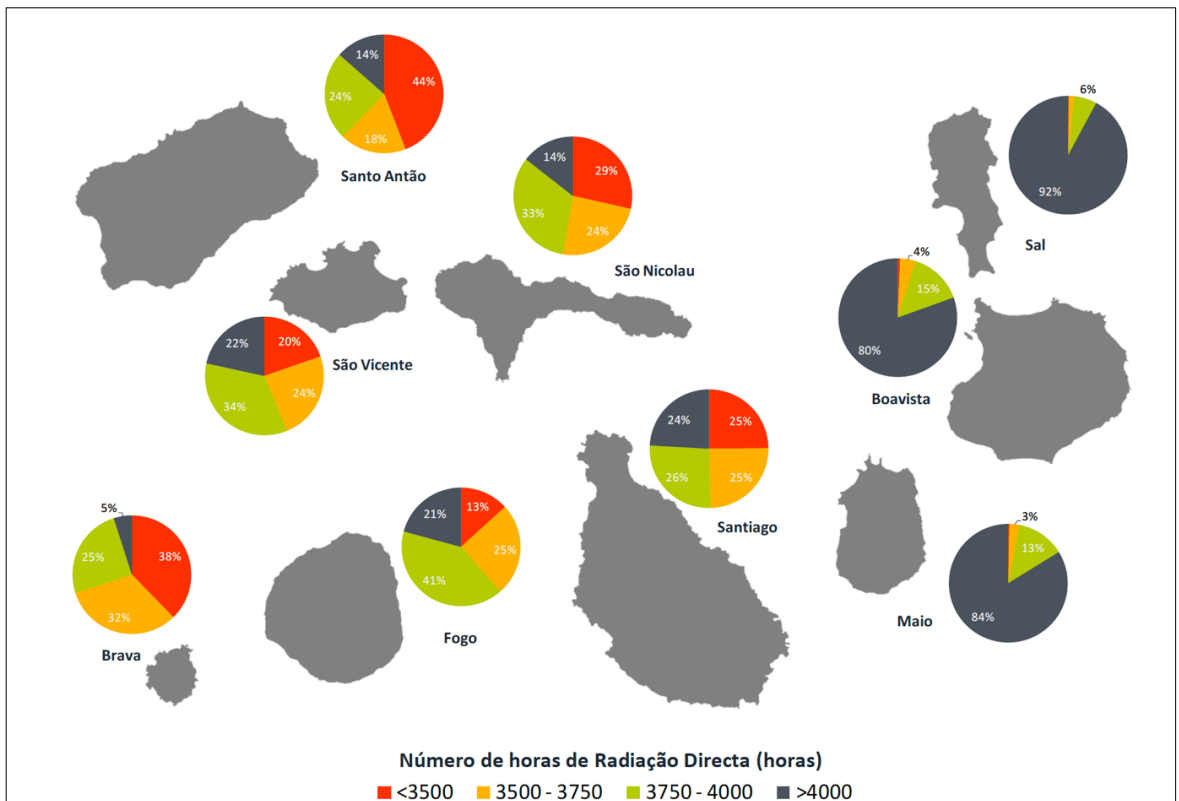
No que diz respeito ao recurso solar, verifica-se que as ilhas de maior potencial são Sal, Boa Vista e Maio, uma vez que são aquelas com maior radiação (Figura 2.4), com maior número de horas de radiação solar direta (Figura 2.5) e com menor nebulosidade (Figura 2.6). Contudo, apenas no Sal este potencial é explorado, existindo um parque solar de 2,5 MW na ilha. Apesar destas três ilhas apresentarem os maiores potenciais, todas as ilhas de Cabo Verde apresentam condições favoráveis para exploração da energia solar. Mais de 50% do território do país recebe mais de 3750 horas de radiação direta por ano (GESTO ENERGIA, 2011).

Figura 2.4 – Radiação solar em Cabo Verde.



Fonte: Gesto Energia (2011).

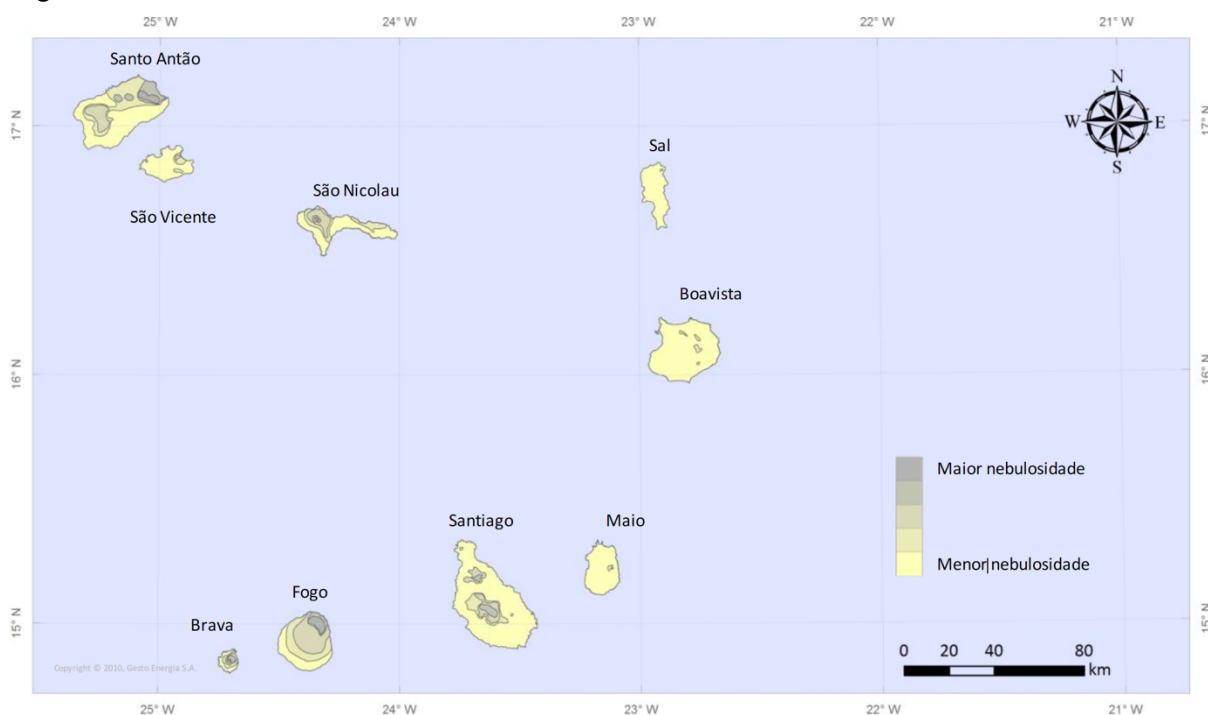
Figura 2.5 – Número de horas de radiação solar direta em Cabo Verde.



Fonte: Gesto Energia (2011).



Figura 2.6 – Nebulosidade em Cabo Verde.



Fonte: Gesto Energia (2011).

Verifica-se que a maior parte das ilhas de Cabo Verde tem bom potencial para aproveitar tanto a energia eólica, quanto a solar. Considerando-se apenas os melhores aproveitamentos, há uma complementariedade entre as ilhas de São Vicente, São Nicolau e Santiago, com maior potencial eólico, e as ilhas de Sal, Boa Vista, Maio e Fogo, com maior potencial solar, como indica o Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Potencial dos recursos eólico e solar em Cabo Verde

<b>Ilha</b>	<b>Potencial eólico</b>	<b>Potencial Solar</b>
Santo Antão	Moderado	Elevado
São Vicente	Muito elevado	Elevado
São Nicolau	Muito elevado	Elevado
Sal	Elevado	Muito elevado
Boa Vista	Elevado	Muito elevado
Maio	Elevado	Muito elevado
Santiago	Elevado	Elevado
Fogo	Moderado	Muito elevado
Brava	Muito elevado	Elevado

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Gesto Energia (2011).

Existe também uma complementariedade entre o potencial das energias eólica e solar ao longo do ano. O período com maior velocidade média do vento, novembro a junho, coincide com aquele de menor energia solar incidente nas ilhas, de novembro

a janeiro. Além disso, no período de menor intensidade do vento, de julho a outubro, a energia solar incidente é alta, embora seu máximo ocorra entre os meses de março e junho. A velocidade média do vento e a energia solar incidente média ao longo do ano para cada uma das ilhas de Cabo Verde podem ser vistas no Anexo A.

Existe ainda a possibilidade de explorar o recurso geotérmico na ilha do Fogo, o que traria uma nova alternativa para a diversificação de fontes de energia em Cabo Verde. Técnicos do setor de energia afirmam que estudos na ilha no Fogo, feitos por especialistas japoneses, mostraram que somente uma usina geotérmica com pelo menos 50 MW de potência instalada seria economicamente viável. Contudo, em 2017, a ponta máxima de consumo na ilha foi de apenas 2,6 MW. A viabilização da exploração do recurso geotérmico depende do aumento da demanda de energia na ilha do Fogo ou da interligação energética desta ilha com a ilha de Santiago, onde está a maior demanda de energia do arquipélago. Outra alternativa com grande potencial em Cabo Verde é a exploração da energia das ondas do mar, mas esta tecnologia ainda está em fase de desenvolvimento, não se mostrando economicamente viável até o momento (GESTO ENERGIA, 2011; RUSU; ONEA, 2018).

### **3. DESAFIOS AMBIENTAIS PARA A INTERLIGAÇÃO DAS ILHAS DE CABO VERDE POR CABOS DE ENERGIA SUBMARINOS**

#### **RESUMO**

O governo de Cabo Verde planeja ter 100% da geração de energia elétrica do país oriunda de fontes renováveis até 2025. Neste contexto, a interligação energética das ilhas cabo-verdianas se mostra fundamental para minimizar a intermitência, inerente a estas fontes, e garantir a estabilidade do sistema elétrico. Esta interligação só é possível por meio de cabos de energia submarinos. Este artigo identifica, por meio de análise documental, as áreas marinhas e costeiras em Cabo Verde que podem ser criticamente afetadas pelos impactos causados pelos cabos de energia submarinos. Estas áreas são utilizadas na construção de um mapa que permite verificar a viabilidade ambiental de interligar as ilhas e distinguir quais são os locais que apresentam os principais desafios ambientais para a instalação dos cabos. Verifica-se que as maiores restrições ambientais estão nas ilhas do Sal, de Boa Vista, de São Vicente e do Maio. Contudo, conclui-se que em nenhuma das ilhas a questão ambiental é um fator que inviabiliza a utilização dos cabos de energia submarinos na interligação elétrica das ilhas de Cabo Verde.

Palavras-chave: viabilidade ambiental, cabos de energia submarinos, impacto ambiental, Cabo Verde.

#### **ABSTRACT**

The Cape Verde government plans to have 100% of the country's electricity produced by renewable sources by 2025. In this context, the energy interconnection of the Cape Verdean islands is fundamental to minimize the effects of the intermittency, inherent to renewables sources, and guarantee the stability of the electrical system. This interconnection is only possible through submarine power cables. This paper identifies, through a documentary analysis, the coastal and marine areas in Cape Verde that can be critically affected by the impacts caused by submarine power cables. These areas are used in the construction of a map that allows verifying the environmental viability of interconnecting the islands and distinguishing which are the regions that present the main environmental challenges to the installation of the cables. The main environmental restrictions are verified in the islands of Sal, Boa Vista, São Vicente and Maio. However, in none of the islands the environmental factor makes it unfeasible to install submarine power cables for the electric interconnection of the Cape Verde's islands.

Key words: environmental viability, submarine power cables, environmental impact, Cape Verde.

### **3.1. Introdução**

Cabo Verde assumiu, em sua Contribuição Nacionalmente Determinada Pretendida (iNDC), a meta de ter 100% da sua energia elétrica sendo gerada por fontes renováveis, em 2025, caso receba suporte financeiro e tecnológico internacional (CABO VERDE, 2017a). Um dos desafios desta meta é manter o sistema elétrico estável diante do caráter intermitente das energias renováveis. Considerando a falta de meios economicamente viáveis ou tecnicamente maduros para armazenar energia em larga escala nas grandes redes de energia elétrica (GIDDENS, 2011; LUO et al. 2014), uma das melhores alternativas é interligar o sistema elétrico por meio de redes inteligentes, os *smart grids* (GHARAVI; GHAFURIAN, 2011). No caso de Cabo Verde, a opção para a interligação do arquipélago é transportar energia através do mar, sendo necessária a utilização de cabos de energia submarinos. Trata-se de uma tecnologia madura, confiável e em expansão (ARDELEAN; MINNEBO, 2015).

Cabos submarinos são utilizados para telecomunicações desde o século XIX e passaram a ser utilizados de maneira ampla para a transmissão de energia a partir da década de 1940 (HEADRICK, D.; GRISSET, 2001; BRISNER, 1976). Estima-se que existiam cerca de 11.000 km de cabos submarinos para a transmissão de energia e mais de 1,1 milhão de km de cabos submarinos para telecomunicações em operação em 2017 (MAULDIN, 2017). Como qualquer outra intervenção humana na natureza, a utilização destes cabos causa impactos no meio ambiente.

Neste artigo, identificam-se quais são as regiões marinhas e costeiras em Cabo Verde ecologicamente sensíveis aos impactos ambientais causados pelos cabos de energia submarinos, ou seja, as regiões em que a instalação destes cabos pode ter um efeito crítico e irreversível no ecossistema local. As regiões identificadas são apresentadas em um mapa, por meio do qual é possível verificar a viabilidade ambiental de interligar as ilhas, bem como distinguir quais são as ilhas que apresentam os principais desafios ambientais para a instalação dos cabos.

### **3.2. Referencial teórico**

Os cabos submarinos, assim como qualquer outro objeto estranho colocado nas águas ou no leito do mar, podem gerar impactos aos ecossistemas marinhos (ARDELEAN; MINNEBO, 2015). Estes impactos não estão entre as principais questões ambientais que ameaçam os oceanos. Contudo, eles se tornam relevantes em função da tendência de crescimento da utilização dos cabos submarinos,

associada à constatação de que os diversos impactos antropogênicos nos ambientes marinhos têm efeito cumulativo (COSTANZA et al., 1998; HALPERN et al., 2008; SHERWOOD, 2016).

Os impactos ambientais associados aos cabos de energia submarinos ocorrem ao longo de todas as fases do ciclo de vida do projeto, desde a obtenção da matéria prima, a fabricação e o transporte do cabo, à instalação, a operação e, por fim, a desativação. Os impactos associados à matéria prima e à fabricação estão relacionados ao tipo de material utilizado na construção do cabo. Nestas fases, os impactos têm maior relação com o local de fabricação do que com o local de instalação dos cabos (BIRKELAND, 2011; WORZYK, 2009). Por não se manifestarem diretamente no ambiente marinho, os impactos das fases de obtenção da matéria prima, de fabricação e de transporte só são consideradas em análises do ciclo de vida (ACV) do projeto completo.

A fase de instalação dos cabos é aquela que apresenta os maiores impactos no ambiente marinho. São percebidos distúrbios relacionados a ruídos, perturbações visuais, aumento da turbidez da água e danos, deslocamentos e remoções da fauna e da flora marinhas (MEIBNER et al., 2006; MERCK; WASSERTHAL, 2009). Níveis elevados de ruídos oriundos de atividades antropogênicas têm potencial para afetar diversas espécies marinhas (RICHARDSON et al., 1995; SLABBEKOORN et al., 2010). Entretanto, os poucos estudos feitos sobre os ruídos oriundos da instalação de cabos submarinos indicam que eles não têm efeito significativo nas espécies marinhas (MEIBNER et al., 2006; MERCK; WASSERTHAL, 2009). Worzyk (2009) aponta que estas atividades, por serem feitas em um ritmo lento, tem um baixo nível de geração de ruídos. Os principais ruídos são provenientes dos navios que transportam os cabos e não são diferentes daqueles feitos por qualquer outra embarcação. Os navios são também a principal fonte de distúrbios visuais, que afetam principalmente as aves marinhas. Este impacto pode ser reduzido se for evitada a instalação dos cabos em épocas de migração ou reprodução das aves marinhas locais, especialmente no caso de espécies ameaçadas de extinção (MERCK; WASSERTHAL, 2009).

Durante a construção das trincheiras, uma grande quantidade de sedimentos é levantada. A maior parte destes sedimentos se acomoda novamente no leito do mar em pouco tempo. Quando estes sedimentos são carregados pelas correntes marítimas por vários metros além da trincheira, podem causar turbidez da água. A turbidez resultante deste processo pode obstruir o mecanismo de filtragem de

organismos bentônicos e pelágicos, bem como comprometer temporariamente o crescimento dos macrobentos. São efeitos que duram no máximo algumas semanas e só são significativos em ecossistemas muito sensíveis (MEIBNER et al., 2006; MERCK; WASSERTHAL, 2009; WORZYK, 2009; SOKER et al. 2000; KRAUS; CARTER, 2018).

Os principais impactos causados pela construção das trincheiras, ou pela simples colocação dos cabos no leito do mar, são danos, deslocamentos e remoções da fauna e da flora marinhas. Contudo, são impactos que ficam limitados a uma área de, no máximo, 2 metros de largura ao longo da extensão do cabo. Dunham et al. (2015) analisaram os efeitos de cabos de energia submarinos instalados sobre corais de esponjas. A instalação ocorreu em 2008 e ligava a ilha de Vancouver ao continente. Os pesquisadores verificaram a morte de 100% das esponjas que ficaram embaixo dos cabos e de 15% daquelas localizadas em um corredor de 1,5 metros de comprimento ao longo do cabo. Isso significou uma perda de 0,2% da área do recife de esponjas, o que é relativamente pouco quando comparado ao efeito de outras atividades humanas no leito do mar. Eles identificaram também que 85% da área atingida se recuperou em apenas dois anos.

Andrulewicz, Napierska e Otremba (2003) acompanharam o processo de instalação do cabo submarino *SwePol Link*, entre 1999 e 2000, ligando a Suécia à Polônia. Um ano após a instalação do cabo, não era possível perceber qualquer alteração significativa na composição, abundância e biomassa dos macrozoobentos que estivesse relacionada aos cabos submarinos. Notou-se apenas que, nos pontos mais profundos, o tamanho médio dos macrozoobentos era menor do que antes da instalação dos cabos. Bacci et al. (2013), por sua vez, analisaram o impacto da instalação do cabo SA.PE.I., que liga a ilha da Sardenha ao continente, na Itália, sobre a planta marinha *Posidonia oceanica*. Visando minimizar o impacto sobre esta espécie, o cabo submarino não foi colocado em trincheiras nas zonas costeiras de ocorrência da *Posidonia oceanica*. Além disso, mergulhadores fixaram o cabo no leito do mar para evitar que ele se movesse e danificasse mais organismos. Os pesquisadores monitoraram a área durante 4 anos e verificaram que a *Posidonia oceanica* se recuperou rapidamente após a instalação dos cabos. Nota-se, assim, que os impactos da fase de instalação dos cabos de energia submarinos são temporários e de pequena escala (WORZYK, 2009).

Os principais impactos percebidos durante a fase de operação do cabo são a introdução de um substrato artificial, os campos eletromagnéticos e a radiação térmica (MERCK; WASSERTHAL, 2009; WORZYK, 2009). A questão do substrato artificial está relacionada à introdução de elementos duros, quer seja a proteção do cabo, quer seja ele próprio, em áreas que antes eram caracterizadas por sedimentos moles. Isso leva à ocorrência de um fenômeno denominado efeito do coral artificial. As partes duras funcionam como corais artificiais o que, do lado positivo, pode aumentar a heterogeneidade da área, aumentando a diversidade e a densidade de espécies. Do lado negativo, verifica-se que espécies invasoras podem encontrar novos *habitats* nestes corais artificiais, influenciando negativamente o ecossistema local (LANGHAMER, 2012).

Os efeitos dos campos eletromagnéticos oriundos dos cabos de energia submarinos na fauna e na flora marinhas estão entre os impactos mais discutidos e apontados pelos ambientalistas, no que diz respeito a esta tecnologia. Diversos animais marinhos são capazes de perceber campos eletromagnéticos, como peixes, invertebrados, tartarugas e cetáceos (KALMIJN, 2000; LOHMANN; WILLOWS, 1987; LOHMANN, 2007; KIRSCHVINK et al., 1986). Esta percepção dos campos pode significar que os cabos de energia submarinos têm alguma influência sobre estas espécies. Worzyk (2009) explica que os campos eletromagnéticos ao redor do cabo decaem rapidamente com a distância, em função da baixa frequência, e não têm capacidade para causar qualquer efeito ionizante ou disruptivo em células, dada sua baixa energia.

Klaustrup (2006) encontrou indícios de que o campo eletromagnético dos cabos submarinos de parques eólicos *offshore* estavam interferindo na rota de migração de algumas espécies de peixes do mar Báltico. Hutchison et al. (2018) identificaram mudanças de comportamentos em lagostas e raias expostas a campos eletromagnéticos de cabos submarinos de corrente contínua. Os animais apresentaram alterações em sua movimentação e sua distribuição. Taormina et al. (2018) apontam como possíveis impactos dos campos eletromagnéticos em espécies marinhas sensíveis a estes campos os seguintes: efeitos na interação entre presa e predador, interferência na navegação e na orientação e mudanças comportamentais e fisiológicas. Contudo, os autores relatam a necessidade de mais estudos para entender a magnitude destes efeitos na fauna marinha.

Love et al. (2017a), por sua vez, compararam peixes e invertebrados vivendo próximos a cabos energizados e a cabos desenergizados e não observaram qualquer diferença significativa. Love et al. (2017b) analisaram os efeitos de cabos de energia submarinos em caranguejos, na costa da Califórnia, e chegaram à conclusão de que estes animais, apesar de capazes de detectar os campos eletromagnéticos, não eram impactados pelos campos gerados pelos cabos. Kilfoyle et al. (2018) estudaram os efeitos dos campos eletromagnéticos dos cabos submarinos em peixes que habitam corais na costa da Flórida e não encontraram indícios de que eles estivessem sofrendo qualquer tipo de impacto. Os estudos indicam ainda que os campos eletromagnéticos gerados pelos cabos de energia submarinos só têm intensidade perceptível para distâncias de, no máximo, 20 metros do cabo (ANDRULEWICZ; NAPIERSKA; OTREMB, 2003; SHERWOOD, 2016; LOVE et al., 2017b; TAORMINA et al., 2018). Apesar dos campos eletromagnéticos serem percebidos por diversas espécies, seu impacto sobre a maior parte da fauna e da flora marinhas não é relevante.

Ao transmitir energia, os cabos perdem parte desta energia, que é dissipada na forma de calor por radiação. No caso dos cabos de energia submarinos, esta radiação térmica pode elevar consideravelmente a temperatura do solo e da água ao redor do cabo. Um cabo operando continuamente em carga máxima durante meses poderia alcançar temperaturas de 40 a 50° C em sua superfície, ainda que esta condição de operação seja rara. Aumentos de temperatura desta magnitude poderiam ser suficientes para perturbar diversas espécies marinhas, especialmente as que habitam o leito marinho. No entanto, este tipo de impacto fica limitado por dois fatores. Primeiro, os cabos são projetados para evitar perdas por dissipação de calor. Segundo, eles geralmente são enterrados, de forma que a temperatura na superfície do leito do mar é muito menor que aquela na superfície do cabo, uma vez que a terra atua como isolante térmico (MEIBNER et al., 2006; MERCK; WASSERTHAL, 2009; WORZYK, 2009).

Na fase de desativação dos cabos de energia submarinos, os impactos são muito semelhantes àqueles da fase de instalação, ou seja, ruídos, perturbações visuais, aumento da turbidez da água e danos, deslocamentos e remoções da fauna e da flora marinhas (MEIBNER et al., 2006; MERCK; WASSERTHAL, 2009). Destaca-se que, muitas vezes, os cabos nem sequer são retirados da água ao final de sua vida



útil, sendo simplesmente declarados como desativados e abandonados no fundo do mar (WORZYK, 2009).

Tendo em vista todas estas considerações, pode-se concluir que os impactos ambientais associados às diversas fases da vida útil dos cabos de energia submarinos são de pequena magnitude, sendo muitos deles de curta duração. Os efeitos percebidos se limitam a uma área de poucos metros de diâmetro ao longo do percurso do cabo. No entanto, estes impactos podem ser significativos no caso de ecossistemas marinhos mais sensíveis, como recifes de corais. Estes ecossistemas podem sofrer grandes perturbações quando ocorrem pequenas alterações do meio físico. É importante, ao definir a rota do cabo submarino, evitar regiões deste tipo, especialmente quando se trata de áreas de proteção ambiental (MEIBNER et al., 2006; MERCK; WASSERTHAL, 2009; WORZYK, 2009; TAORMINA et al., 2018).

Embora os resultados dos estudos analisados sejam indicativos para os projetos, é importante destacar que os impactos ambientais gerados pela utilização dos cabos de energia submarinos ainda foram pouco pesquisados, sendo necessários mais estudos para se ter maior clareza sobre eles. Até 2016, havia menos de dez estudos publicados sobre os efeitos dos cabos submarinos no meio ambiente (SHERWOOD et al., 2016). Taormina et al. (2018) apontam que os maiores *gaps* de pesquisa sobre os impactos causados pelos cabos de energia submarinos no meio ambiente são a influência dos campos eletromagnéticos e a sinergia que pode haver entre estes impactos e outras ações antropogênicas que afetam os ecossistemas marinhos, resultando em um efeito cumulativo.

### **3.3. Método**

Por meio de uma análise documental, foi possível identificar três tipos de áreas ecologicamente sensíveis em que os cabos de energia submarinos não devem ser instalados: (i) áreas protegidas; (ii) áreas em que há corais; (iii) áreas em que há espécies ameaçadas de extinção que só existem em Cabo Verde. Na análise documental, obteve-se também as coordenadas geográficas destas áreas, utilizadas na construção do mapa, que foi feito com a utilização do *software QGIS*, versão 3.2.1-Bonn. Usou-se como mapa base o *Google Maps*.

Cabo Verde possui 46 áreas protegidas que compõem a Rede Nacional de Áreas Protegidas. Deste total, 44 estão delimitadas por Decreto-Regulamentar. Entre as áreas protegidas delimitadas, 26 podem ser classificadas como marinhas ou costeiras

e, portanto, interferem diretamente na rota dos cabos submarinos. Elas compreendem uma área terrestre de, aproximadamente, 351 km<sup>2</sup> e uma área marinha próxima a 1.080 km<sup>2</sup>. Estas áreas protegidas estão distribuídas da seguinte forma: nove na Boa Vista, oito no Sal, seis em Maio, duas em Santo Antão e uma em Santa Luzia (Quadro 3.1) (CABO VERDE, 2003a).

Existem diversos tipos de áreas protegidas em Cabo Verde, cada um com diferentes níveis de proteção. O Decreto-Lei nº 3/2003 estabelece os seguintes tipos de áreas protegidas: Reservas Naturais, Parque Nacional, Parque Natural, Monumento Natural, Paisagem Protegida, Sítio de Interesse Científico (CABO VERDE, 2003a). Apesar das diferenças entre estes tipos de áreas protegidas, inclusive quanto à forma e ao nível da proteção, neste estudo não se fez distinção entre eles, entendendo-se que os cabos de energia submarinos não devem ser instalados em áreas protegidas, independente de sua classificação.

As coordenadas geográficas das áreas protegidas foram obtidas diretamente dos Decretos-Regulamentares que delimitam sua área. Os Decretos-Regulamentares correspondentes a cada uma das áreas protegidas estão indicados no Quadro 3.1. A Reserva Natural dos Ilhéus Branco e Raso e a Reserva Natural dos Ilhéus do Rombo ainda não tiveram sua área delimitada.

Quadro 3.1 – Áreas Protegidas de Cabo Verde

Ilha / Ilhéu	Tipo <sup>(*)</sup>	Nome da Área Protegida	Área terrestre (ha)	Área Marinha (ha)	Área Total (ha)	Decreto-Regulamentar que delimita a área da AP
Boa Vista	PP	Monte Caçador e Pico Forcado	3.357	0	3.357	nº 14/2014
	RN <sup>(*)</sup>	Ilhéu de Baluarte	8	87	95	nº 4/2013
	RN <sup>(*)</sup>	Ilhéu dos Pássaros	1	38	39	nº 11/2013
	RN <sup>(*)</sup>	Ilhéu de Curral Velho	1	41	42	nº 16/2013
	RN <sup>(*)</sup>	Ponta do Sol	465	283	748	nº 11/2014
	RN <sup>(*)</sup>	Boa Esperança	3.631	379	4.010	nº 16/2014
	RN <sup>(*)</sup>	Morro de Areia	2.131	436	2.567	nº 17/2014
	RN <sup>(*)</sup>	Tartaruga	1.439	13.436	14.875	nº 14/2013
	PN <sup>(*)</sup>	Norte	8.910	13.137	22.047	nº 5/2013
	MN <sup>(*)</sup>	Ilhéu de Sal-Rei	89	0	89	nº 12/2014
	MN	Monte Santo António	459	0	459	nº 13/2014
	MN	Monte Estância	739	0	739	nº 10/2013
	PP	Curral Velho	1.635	0	1.635	nº 9/2013
Maio	RN <sup>(*)</sup>	Rocha Estância	253	0	253	nº 15/2014
		Casas Velhas	131	6.495	6.626	nº 32/2014

Ilha / Ilhéu	Tipo <sup>(1)</sup>	Nome da Área Protegida	Área terrestre (ha)	Área Marinha (ha)	Área Total (ha)	Decreto-Regulamentar que delimita a área da AP
	PN <sup>(*)</sup>	Norte da Ilha de Maio <sup>(2)</sup>	4.716	20.887	25.603	nº 38/2014
	RN	Terras Salgadas <sup>(2)</sup>	Desclassificada			nº 38/2014
	RN <sup>(*)</sup>	Lagoa Cimidor	51	406	457	nº 33/2014
	RN <sup>(*)</sup>	Praia do Morro	102	565	667	nº 34/2014
	PP <sup>(*)</sup>	Barreiro e Figueira	1.081	0	1.081	nº 37/2014
	PP <sup>(*)</sup>	Salinas de Porto Inglês	401	134	535	nº 30/2014
	PP	Monte Penoso e Monte Branco	1.117	0	1.117	nº 31/2014
	PP	Monte Santo António <sup>(2)</sup>	Desclassificada			nº 38/2014
Santa Luzia	RN <sup>(*)</sup>	Marinha de Santa Luzia	3.427	27.318	30.745	nº 40/2014
Branco e Raso	RN <sup>(*)</sup>	Ilhéus Branco e Raso	-	-	-	Não delimitado
Sal	PP <sup>(*)</sup>	Salinas de Pedra, de Lume e Cagaral	802	0	802	nº 10/2014
	RN <sup>(*)</sup>	Costa da Fragata	346	2.347	2.693	nº 15/2013
	RN <sup>(*)</sup>	Ponta do Sinó	96	5.651	5.747	nº 12/2013
	RN <sup>(*)</sup>	Rabo de Junco	154	0	154	nº 5/2014
	RN <sup>(*)</sup>	Serra Negra	331	2.296	2.627	nº 13/2013
	MN	Morrinho de Açúcar	5	0	5	nº 9/2014
	MN	Morrinho do Filho	12	0	12	nº 6/2014
	PP <sup>(*)</sup>	Monte Grande	1.309	0	1.309	nº 7/2014
	PP	Salinas de Santa Maria	69	0	69	nº 8/2013
	RN <sup>(*)</sup>	Baía da Murdeira	182	5.925	6.107	nº 4/2014
PP <sup>(*)</sup>	Buracona-Ragona	545	0	545	nº 8/2014	
Fogo	PN	Fogo	8.469	0	8.469	nº 3/2008
Santo Antão	PN	Moroços	818	0	818	nº 17/2013
	PP <sup>(*)</sup>	Pombas	312	0	312	nº 2/2014
	PN	Tope de Coroa	8.492	0	8.492	nº 3/2014
	PN	Cova, Riveira Paúl e Torre	2.092	0	2.092	nº 7/2013
	PNM <sup>(*)</sup>	Cruzinha	4.433	8.054	12.488	nº 36/2014
São Vicente	PN	Monte Verde	312	0	312	nº 6/2013
São Nicolau	RN	Monte do Alto das Cabaças	1.325	0	1.325	nº 1/2014
	PN	Monte Gordo	952	0	952	nº 10/2007
Santiago	PN	Serra Malagueta	774	0	774	nº 19/2007
	PN	Serra do Pico de Antónia	2.873	0	2.873	nº 11/2015
Rombo	RN <sup>(*)</sup>	Ilhéus do Rombo	-	-	-	Não delimitado

- (1) Os tipos indicados equivalem às seguintes designações do Decreto-Lei nº 3/2003: PP – Paisagem Protegida; RN – Reserva Natural; MN – Monumento Natural; PN – Parque Natural; PNM – Parque Natural Marinho. Áreas protegidas assinaladas com (\*) abrangem regiões marinhas e/ou costeiras.

- (2) A Reserva Natural de Terras Salgadas e a Paisagem Protegida de Monte Santo António foram desclassificadas da Rede Nacional de Áreas Protegidas e suas áreas incorporadas ao Parque Natural do Norte da Ilha de Maio, por meio do Decreto-Regulamentar nº 38/2014.

Fonte: Elaborado pelo autor baseado no Decreto-Lei nº 3/2003 e nos Decretos-Regulamentares indicados na própria tabela.

Os corais são importantes por serem muito ricos em termos de biodiversidade. As comunidades de corais de Cabo Verde, apesar de não formarem verdadeiros recifes de corais, estão entre os principais *hotspots* de biodiversidade marinha do mundo (LOPES; FREITAS; SILVA, 2014; ROBERTS et al., 2002). Por isso, é necessário evitar que os cabos de energia submarinos passem por estas comunidades, visto que os impactos sobre os corais, durante a instalação dos cabos, podem potencializar efeitos causados por ações antropogênicas já observados nos corais de Cabo Verde, como o seu branqueamento, podendo levar, inclusive, à sua morte (CABO VERDE, 2015g).

O governo de Cabo Verde aprovou, em 2015, o Plano Nacional de Gestão e Conservação de Corais, em função da de sua relevância para a biodiversidade marinha mundial. Este plano, entretanto, não proíbe atividades como a pesca ou mesmo a instalação dos cabos submarinos em regiões com comunidades de corais, ficando resguardados apenas os corais dentro de áreas protegidas. Todavia, o plano ressalta a importância de se preservar os corais de Cabo Verde (CABO VERDE, 2015g) e fornece as coordenadas geográficas de todas as comunidades de corais identificadas no arquipélago.

As regiões marinhas ou costeiras no arquipélago de Cabo Verde em que são encontradas espécies ameaçadas de extinção que poderiam ser impactadas pelos cabos de energia submarinos também foram consideradas na construção do mapa. Para isso, foram levantadas as espécies que constam na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN)<sup>9</sup>. Existem, atualmente, 864 espécies marinhas ou costeiras de Cabo Verde na Lista Vermelha da IUCN<sup>10</sup>. Destas, 57 são classificadas como ameaçadas, em diferentes níveis: criticamente ameaçada (3), ameaçada (17) ou vulnerável (37) e outras 26 como quase ameaçadas. As demais, apesar de constarem na lista, estão classificadas com *status* “pouco preocupante” (IUCN STANDARDS AND PETITIONS SUBCOMMITTEE,

---

<sup>9</sup> Em inglês, *International Union for Conservation of Nature* (IUCN).

<sup>10</sup> A lista com os resultados da pesquisa na Lista Vermelha da IUCN pelas espécies de marinhas ou costeiras presentes em Cabo Verde está disponível em <<http://www.iucnredlist.org/search/link/5a8c2654-72564916>>.

2017). Para a construção do mapa, foram consideradas apenas as espécies classificadas como ameaçadas ou quase ameaçadas.

Várias das espécies ameaçadas encontradas em Cabo Verde apresentam uma distribuição global ou continental, ou seja, são encontradas também em diversas outras regiões da Terra, bem como, em todo o arquipélago de Cabo Verde. Entende-se que estas espécies não serão afetadas de maneira crítica pela instalação dos cabos de energia submarinos, dado o caráter localizado dos impactos ambientais causados por esta tecnologia. Deste modo, foram consideradas para construção do mapa somente as espécies que se concentram em alguma região particular de Cabo Verde. Verifica-se que 24 das 83 espécies marinhas ou costeiras ameaçadas ou quase ameaçadas de extinção em Cabo Verde são encontradas em apenas uma ou duas localidades do arquipélago. Tratam-se de espécies de gastrópodes do gênero *Conus* que são encontradas apenas em Cabo Verde, conforme indicado no Quadro 3.2.

As regiões onde os *Conus* endêmicos de Cabo Verde e ameaçados ou quase ameaçados de extinção são encontrados foram inseridas no mapa com base nos dados disponíveis para *download* no site da Lista Vermelha da UICN.

Quadro 3.2 – Gastrópodes do gênero *Conus* de Cabo Verde ameaçados de extinção presentes na Lista Vermelha da UICN

<b>Espécie</b>	<b>Status na Lista Vermelha<sup>(1)</sup></b>	<b>Ilha em que é encontrada</b>	<b>Local em que é encontrada</b>
<i>ateralbus</i>	A	Sal	Região de Calheta - Baía da Mordeira até a Baía do Algodoeiro
<i>atlanticoselvagem</i>	QA	Nenhuma	Montanha submersa João Valente
<i>crotchii</i>	A	Boa Vista	Região sudoeste, 10 km ao sul do Sal Rei
<i>cuneolus</i>	A	Sal	Região Sudoeste, da Baía da Murdeira até a Baía da Santa Maria
<i>curralensis</i>	QA	Santa Luzia	Sudoeste de Santa Luzia
<i>decoratus</i>	V	São Vicente e Santa Luzia	São Vicente - Região oeste - Calhau até Saragasa; Santa Luzia - Região sudoeste - Curral
<i>denizi</i>	QA	São Vicente	Praia Grande
<i>derrubado</i>	QA	Boa Vista	Norte de Boa Vista
<i>diminutus</i>	QA	Boa Vista	Baía do Sal Rei e Morro de Areia
<i>evorai</i>	QA	Boa Vista	Praia Zebraca, Baía das Gatas e ilhéu do Sal Rei

<b>Espécie</b>	<b>Status na Lista Vermelha<sup>(1)</sup></b>	<b>Ilha em que é encontrada</b>	<b>Local em que é encontrada</b>
<i>felitae</i>	V	Sal	Região Oeste - Norte da Baía de Murdeira
<i>fernandesi</i>	A	Santo Antão	Região Sul - Porto Novo
<i>fontonae</i>	V	Sal	Região Noroeste - Regona até Petinha
<i>josephinae</i>	QA	Boa Vista e Maio	Boa Vista - Flanco oeste da ilha - Ponto do Rincão até Morro de Areia; Maio - Navio Querado até Baía do Galeão
<i>kersteni</i>	QA	São Nicolau	Tarrafal
<i>lugubris</i>	CA	São Vicente	Região Norte - Baía de Salamansa até Ponta Marigou e Ponta Fragata
<i>luquei</i>	QA	Boa Vista	Baía das Gatas
<i>mordeirae</i>	CA	Sal	Região Sudoeste - Baía da Mordeira
<i>navarroi</i>	QA	São Vicente e Santa luzia	São Vicente - Calhau; Santa Luzia - Praia Francisca
<i>regonae</i>	V	Sal	Região Norte - Pedro lume até a Ponta de Rabo de Junco
<i>salreiensis</i>	CA	Boa Vista	Região Noroeste - Baía Teodora e Sal Rei
<i>saragasae</i>	QA	São Vicente e Santa luzia	São Vicente - Calhau e Baía da Saragassa; Santa Luzia - Água Doce e Curral
<i>teodoraae</i>	V	Boa Vista	Região Noroeste - Baía Teodora e Sal Rei
<i>trochulus</i>	QA	Boa Vista	Baía de Sal Rei até Curral Velho

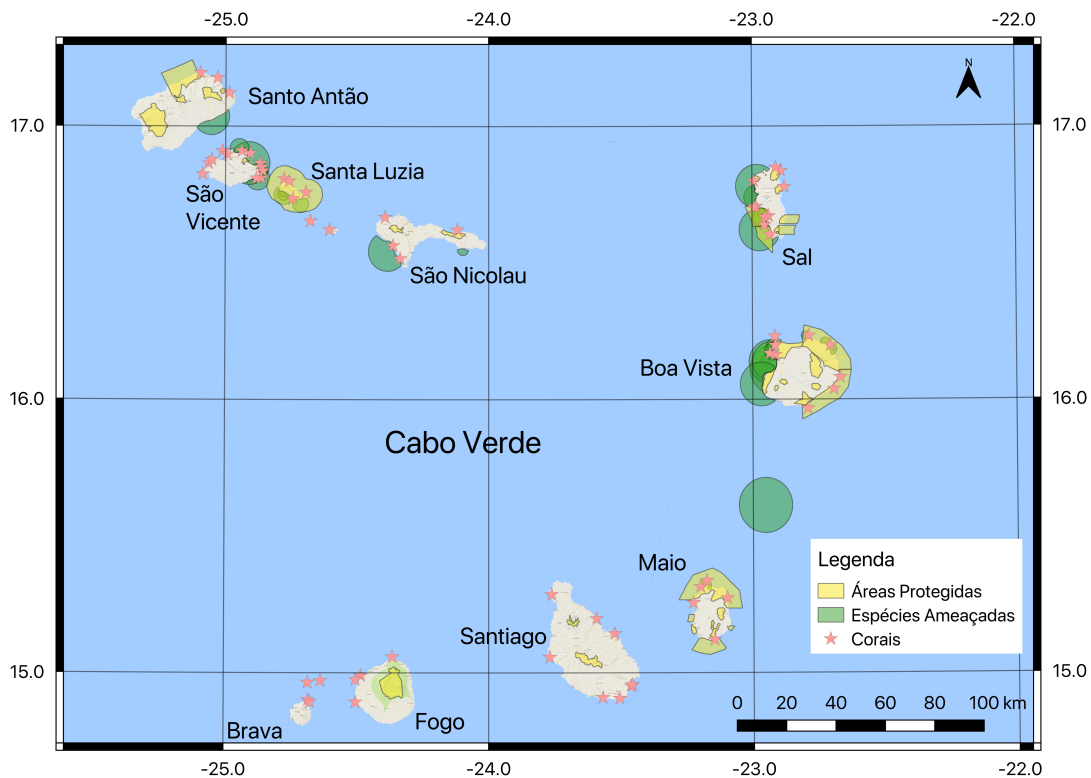
(1) Os status indicados equivalem às seguintes designações da Lista Vermelha da UICN: CA – Criticamente Ameaçada; A – Ameaçada; V – Vulnerável; QA – Quase Ameaçada.

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em <<http://www.iucnredlist.org/>>.

### 3.4. Resultados

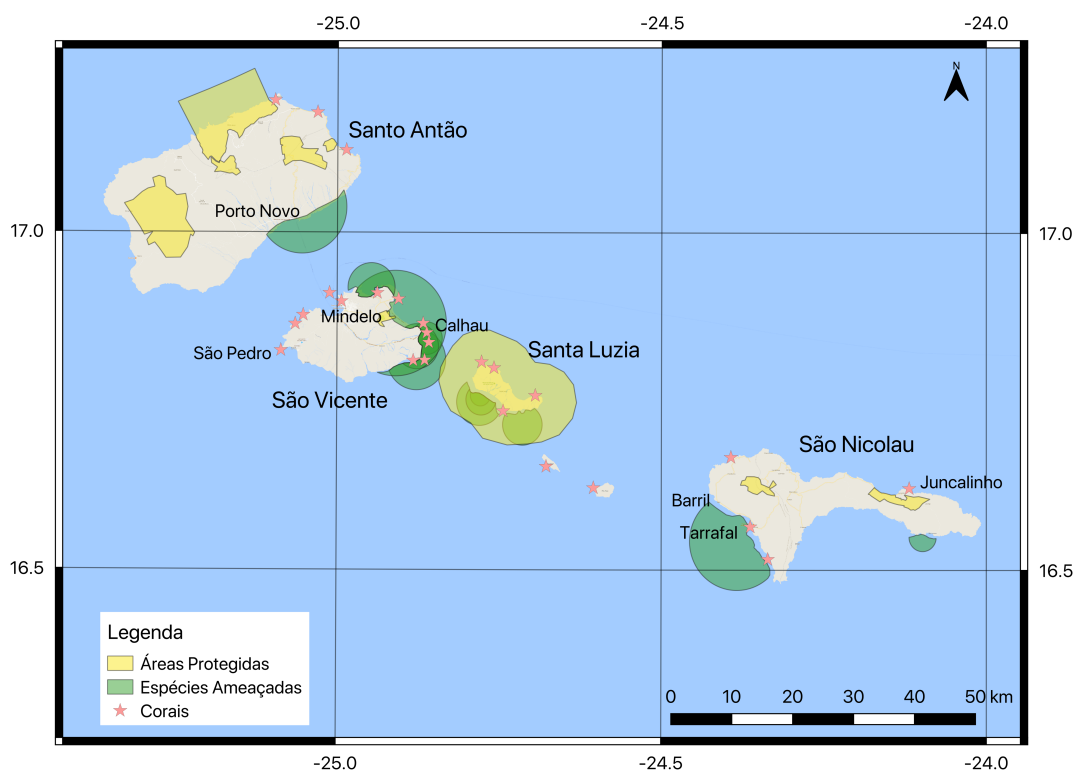
A Figura 3.1 mostra todas as áreas ecologicamente sensíveis de Cabo Verde, onde a instalação de cabos de energia submarinos deve ser evitada. As Figuras 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 apresentam as mesmas informações que a Figura 3.1, mas focando em apenas duas ou três ilhas, de modo que seja possível ver as zonas ecologicamente sensíveis com maior detalhe.

Figura 3.1 – Mapa das áreas ecologicamente sensíveis em Cabo Verde



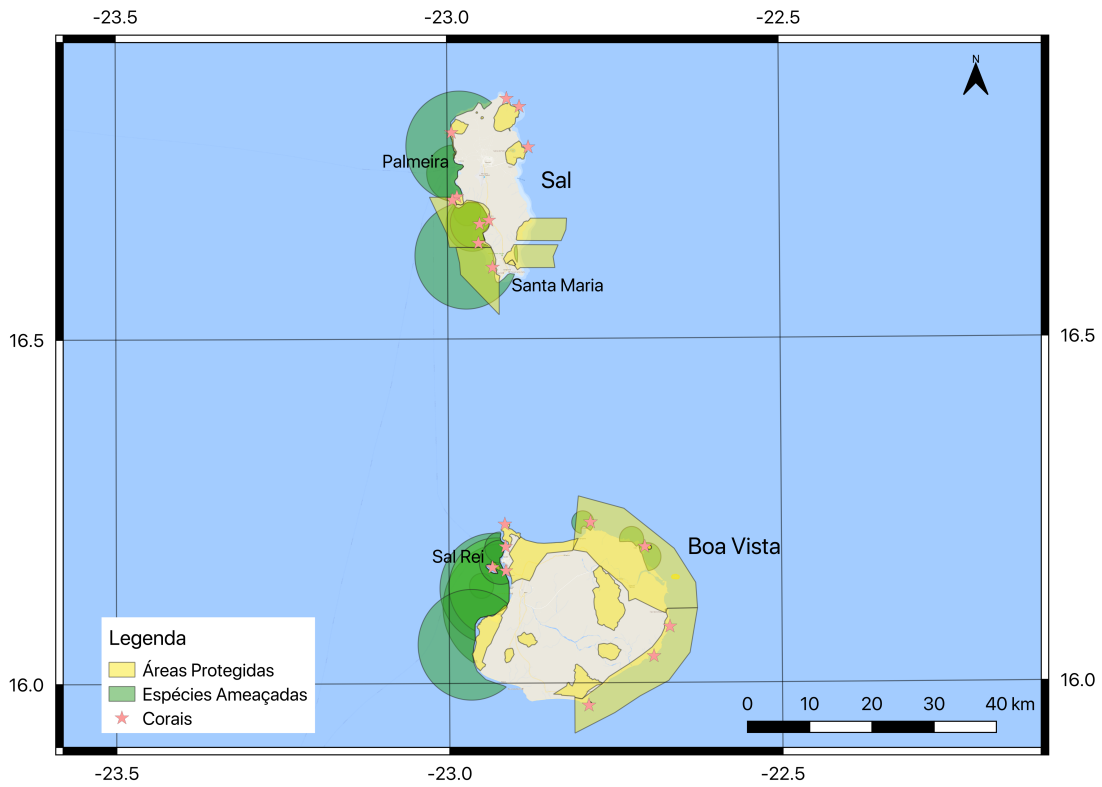
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3.2 – Mapa das áreas ecologicamente sensíveis nas ilhas de Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia e São Nicolau



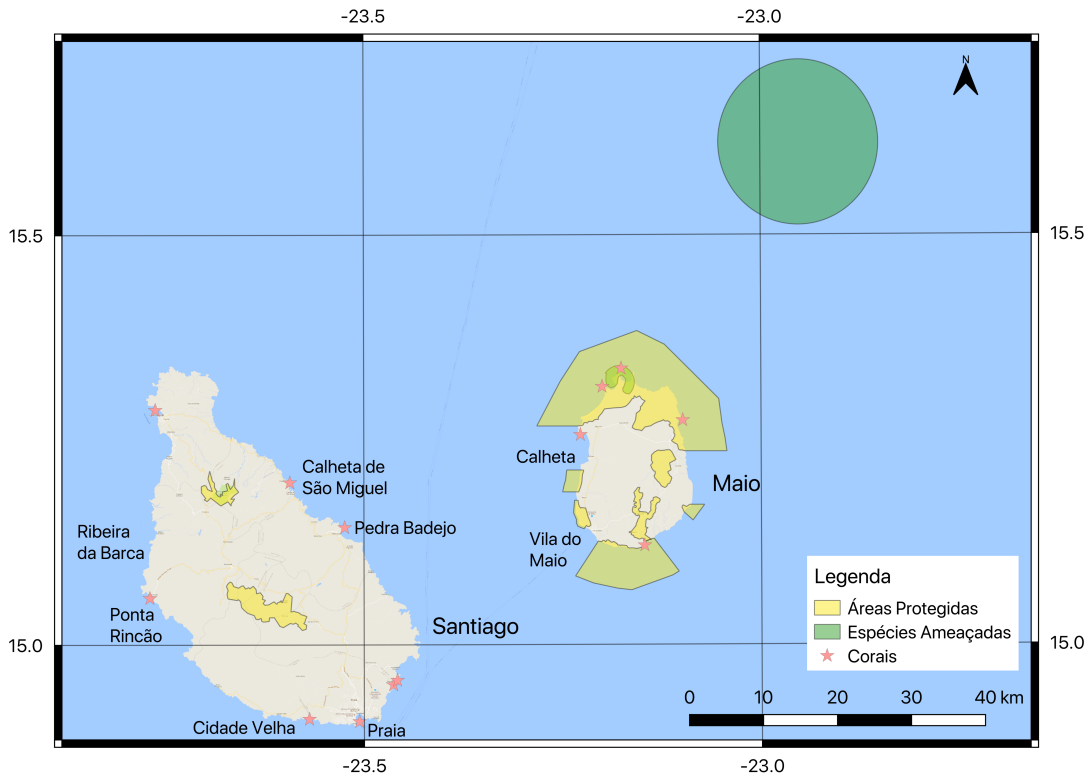
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3.3 – Mapa das áreas ecologicamente sensíveis nas ilhas do Sal e Boa Vista



Fonte: Elaborado pelo autor.

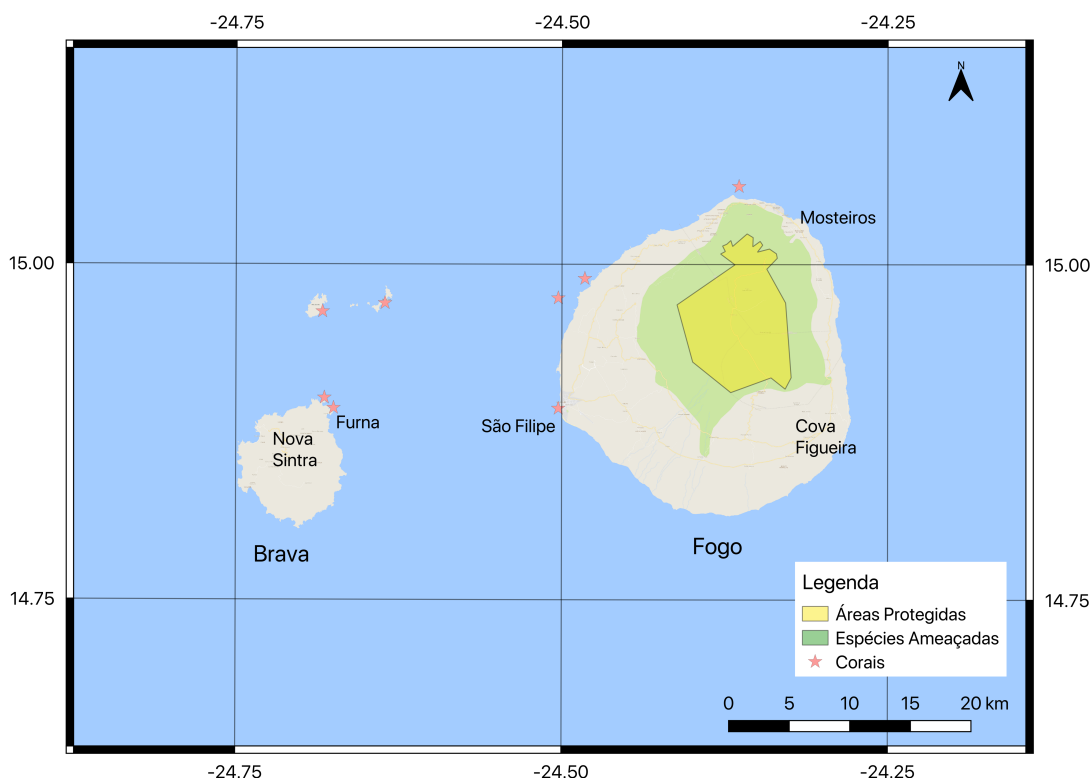
Figura 3.4 – Mapa das áreas ecologicamente sensíveis nas ilhas de Santiago e Maio



Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 3.5 – Mapa das áreas ecologicamente sensíveis nas ilhas do Fogo e Brava



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.5. Análise

As ilhas mais sensíveis ecologicamente são Sal e Boa Vista. Estas são as ilhas com mais áreas protegidas, mais espécies de *Conus* ameaçadas de extinção e mais comunidades de corais (juntamente com São Vicente). Como pode ser visto na Figura 3.3, a maior parte do perímetro destas duas ilhas possui algum tipo de área onde os cabos de energia submarinos não deveriam ser instalados, havendo diversas regiões em que há uma coincidência entre corais, áreas protegidas e espécies ameaçadas. Destaca-se que a cidade do Sal Rei, capital da ilha de Boa Vista, está localizada justamente numa destas regiões, o que torna difícil levar cabos submarinos até lá.

Outra ilha importante do ponto de vista ambiental é São Vicente. Apesar de possuir apenas uma área protegida, o Parque Natural Monte Verde, esta é a ilha que possui o maior número de comunidades de corais (11), bem como várias espécies ameaçadas de *Conus* (5). Na Figura 3.2, é possível ver que a maior parte das áreas sensíveis está localizada no leste e no norte da ilha. As regiões mais propícias para a ligação dos cabos submarinos são, portanto, o sul e o sudoeste de São Vicente.

A ilha do Maio não possui tantas comunidades de corais ou espécies ameaçadas quanto Sal, Boa Vista e São Vicente, mas é a terceira ilha com mais áreas protegidas

(7). Destaca-se que a maior parte delas está na zona costeira, o que pode dificultar a interligação energética desta ilha por meio dos cabos de energia submarinos. Praticamente todo o norte e todo o sul da ilha do Maio são áreas de proteção ambiental, impedindo a chegada dos cabos por estas regiões. Contudo, verifica-se que, na capital da ilha, Vila do Maio, não há qualquer zona ecologicamente sensível, embora ela esteja localizada entre duas áreas protegidas.

Outra região de grande interesse ambiental é a ilha de Santa Luzia. Toda sua área está compreendida dentro da Reserva Natural Marinha de Santa Luzia, englobando quatro comunidades de corais e quatro espécies de *Conus* ameaçadas de extinção. Por ser uma ilha desabitada, ela não precisa ser interligada energeticamente às demais ilhas de Cabo Verde. Contudo, ela está localizada entre as ilhas de São Vicente e São Nicolau, de modo que o cabo de energia submarino de interligação destas duas ilhas deve evitar a região marinha da Reserva Natural Marinha de Santa Luzia, o que pode implicar numa rota mais longa para este cabo.

Algumas cidades que poderiam receber os cabos de energia submarinos possuem espécies de *Conus* ameaçadas de extinção ou comunidades de corais em suas zonas costeiras. São elas: Praia, Pedra Badejo, Ponta Rincão, São Filipe, Furna, Santa Maria, Palmeira, Juncalinho, Tarrafal, Barril, São Pedro e Porto Novo. Ressalta-se que, nestes casos, apesar da existência das zonas ecologicamente sensíveis, por não haver áreas protegidas, a instalação dos cabos submarinos é possível. Contudo, isso dependerá de uma análise detalhada do leito marinho na região, de forma a identificar rotas para o cabo que não passem diretamente sobre os corais ou sobre as espécies ameaçadas.

Alternativamente, é possível, se necessário, que os cabos sejam instalados nestas áreas sem a utilização de trincheiras, como foi feito no caso do cabo SA.PE.I. Isso minimizaria o impacto ambiental. Destaca-se que esta segunda opção exigiria a realização de um estudo detalhado de impacto ambiental para avaliar se a instalação dos cabos sem trincheiras teria ou não algum efeito crítico nos corais ou nas espécies ameaçadas.

Uma terceira opção é que o cabo de energia submarino não chegue exatamente nas cidades citadas, mas em regiões próximas, evitando passar nas áreas com espécies ameaçadas ou corais. Isso implicaria na necessidade de se expandir a rede aérea de transmissão de energia existente na ilha em questão até o ponto em que o

cabo chega em terra. Logo, apesar de ser a melhor solução em termos ambientais, ela apresenta custos de instalação maiores.

### **3.6. Conclusão**

A integração energética das ilhas de Cabo Verde só será possível por meio da utilização de cabos de energia submarinos. Estes cabos, apesar de apresentarem impactos ambientais localizados e de pequena magnitude, podem ter efeitos críticos em ecossistemas ecologicamente sensíveis. Assume-se que, em Cabo Verde, estas regiões sensíveis são as comunidades de corais, as áreas protegidas e os locais em que são encontradas espécies endêmicas ameaçadas de extinção.

Destaca-se que há uma espécie que pode ser impactada pelos cabos de energia submarinos, mas não foi indicada nos mapas: as tartarugas marinhas. Estes animais, embora não sofram efeitos dos cabos na maior parte de suas vidas, podem ser impactados durante o período de nidificação, quando as tartarugas vão às praias construir ninhos e botar ovos. A instalação de cabos submarinos no trecho de chegada à praia durante o período de nidificação, pode ter um impacto crítico na reprodução das tartarugas. Contudo, após instalados, os cabos não devem ter qualquer impacto sobre a reprodução das tartarugas durante sua operação, desde que eles estejam devidamente protegidos para evitar o contato entre o cabo e estes animais.

As zonas de nidificação não foram indicadas no mapa por dois motivos: (i) o impacto pode ser mitigado de maneira simples, evitando-se a instalação dos cabos de energia submarinos nos trechos de chegada à praia durante o período de reprodução das tartarugas, que em Cabo Verde ocorre entre junho e outubro (MARCO et al., 2012; ROCHA et al., 2015); (ii) as áreas de nidificação em Cabo Verde ainda não estão devidamente catalogadas e mapeadas (CABO VERDE, 2010).

A principal espécie de tartaruga que se reproduz em Cabo Verde é a *Caretta caretta*, sendo a reprodução de outras espécies algo raro. Estudos indicam que a *Caretta caretta* se reproduz majoritariamente na ilha da Boa Vista, em particular no lado oeste. Outros locais com número significativo de ninhos são o oeste da ilha do Maio, a ilha de Santa Luzia e o sul da ilha do Sal. A nidificação nas demais ilhas é considerada rara. Logo, a maior parte da nidificação ocorre em áreas protegidas, como a Reserva Natural da Tartaruga, indicadas nos mapas (MARCO et al., 2012; ROCHA et al., 2015; CABO VERDE, 2010; TAYLOR; COZENS, 2010; LINO; GONÇALVES; COZENS, 2010).

A locação, em mapas, das áreas em que há ecossistemas ou espécies que podem ser criticamente impactadas pelos cabos de energia submarinos permite distinguir quais os maiores desafios ambientais para instalação destes cabos em Cabo Verde. As ilhas com mais regiões sensíveis são Sal e Boa Vista, onde são poucas as zonas costeiras em que os cabos podem ser instalados. Maio e São Vicente também se mostram como locais críticos. Maio, pelo grande número de áreas protegidas. São Vicente, por possuir diversas comunidades de corais e espécies de *Conus* ameaçadas de extinção em suas costas.

Contudo, as restrições ambientais não inviabilizam a utilização dos cabos de energia submarinos em Cabo Verde. Em todas as ilhas há locais em que eles podem ser instalados. Em muitos casos, os cabos podem ser levados diretamente para as principais cidades. Nos casos mais complexos, será necessário levar o cabo a uma região afastada das cidades, devendo-se expandir a rede aérea de transmissão de energia até o ponto em que o cabo chegará à superfície. Recomenda-se ainda evitar a instalação dos cabos nas praias durante a temporada de nidificação das tartarugas marinhas, entre junho e outubro, especialmente nas ilhas de Boa Vista, Sal e Maio.

### 3.7. Referências

ANDRULEWICZ, E.; NAPIERSKA, D.; OTREMBA, Z. The environmental effects of the installation and functioning of the submarine SwePol Link HVDC transmission line: a case study of the Polish Marine Area of the Baltic Sea. **Journal of Sea Research**, v. 49, n. 4, p. 337-345, 2003.

ARDELEAN, M.; MINNEBO, P. **HVDC Submarine Power Cables in the World: State-of-the-Art Knowledge**. European Commission, Netherlands, 2015.

BACCI, T. et al. Effects of laying power cables on a *Posidonia oceanica* (L.) Delile prairie: the study case of Fiune Santo (NW Sardinia, Italy). **International Coastal Symposium**, special issue 65, v. 1, p. 868-873, 2013.

BIRKELAND, C. **Assessing the life cycle environmental impacts of offshore wind power generation and power transmission in the North Sea**. 2011. Master's Thesis (Master of science in energy and environment) – Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 2011.

BRISNER, H. Submarine Power Cables. In: OCEANS '76, 1976, Washington. **Proceedings...** Washington: IEEE, 1976, p. 3B-1-3B-4.

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 3/2003 de 24 de fevereiro de 2003. Estabelece o regime jurídico dos espaços naturais, paisagens, monumentos e lugares que merecem uma proteção especial e integrar-se na Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 24 fev. 2003, I Série, n. 5, p. 52-60.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 1/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Reserva Natural Monte do Alto das Cabaças da ilha de São Nicolau, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 262-263.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 2/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Paisagem Protegida das Pombas da ilha de Santo Antão, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 264.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 3/2008 de 2 de junho de 2008. Aprova a delimitação do Parque Nacional de Fogo que abrange as localidades Chã das Caldeiras, Pico Novo, Orela e Borderia da ilha do Fogo, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas, declarada no anexo ao Decreto-Lei nº 3/2003. **Boletim Oficial**, Praia, 2 jun. 2008, I Série, n. 20, p. 417-419.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 3/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área do Parque Natural de Topo de Coroa da ilha de Santo Antão, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 265-266.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 4/2013 de 5 de abril de 2013. Aprova a delimitação da área protegida da Reserva Natural Integral Ilhéu de Baluarte da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 5 abr. 2013, I Série, n. 18, p. 479.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 4/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Reserva Natural (Marinha) Baía da Murdeira da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 266-267.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 5/2013 de 5 de abril de 2013. Aprova a delimitação da área protegida do Parque Natural do Norte da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 5 abr. 2013, I Série, n. 18, p. 480-481.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 5/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Reserva Natural Rabo de Junco da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 267-268.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 6/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação do Parque Natural de Monte Verde da ilha de São Vicente, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 614-616.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 6/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área do Monumento Natural Morrinho do Filho da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 268-269.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 7/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação do Parque Natural de Cova, Ribeira Paúl e Torre da ilha de Santo Antão,

pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 616-618.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 7/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Paisagem Protegida Monte Grande da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 269-270.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 8/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Paisagem Protegida Salinas de Santa Maria da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 618-619.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 8/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Paisagem Protegida Burcano-Ragona da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 270-271.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 9/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Paisagem Protegida de Curral Velho da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 620-621.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 9/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área do Monumento Natural Morrinho do Açúcar da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 272.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 10/2007 de 3 de setembro de 2007. Aprova a delimitação da área do Parque Natural de Monte Gordo da ilha de São Nicolau, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas, declarada no anexo ao Decreto-Lei nº 3/2003, de 24 de fevereiro. **Boletim Oficial**, Praia, 3 set. 2007, I Série, n. 33, p. 615-617.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 10/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação do Monumento Natural Monte Estância da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 621-622.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 10/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Paisagem Protegida Salinas de Pedra Lume e Cagarral da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 272-273.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 11/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Reserva Natural Integral Ilhéu dos Pássaros da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 622-623.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 11/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Reserva Natural Ponta do Sol da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 274-275.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 11/2015 de 10 de dezembro de 2015. Aprova a delimitação do Parque Natural Serra do Pico Antónia da ilha de Santiago, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 dez. 2015, I Série, n. 79, p. 2607-2609.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 12/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Reserva Natural Ponta Sinó da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 623-624.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 12/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área do Monumento Natural Monte Ilhéu de Sal-Rei da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 275-276.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 13/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Reserva Natural Serra Negra da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 625-626.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 13/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área do Monumento Natural Monte Santo António da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 276-277.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 14/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Reserva Natural Tartaruga da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 626-627.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 14/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Paisagem Protegida Monte Caçador e Pico Forcado da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 277-279.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 15/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Reserva Natural Costa da Fragata da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 627-628.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 15/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área do Monumento Natural Rocha Estância da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 279-280.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 16/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Reserva Natural Integral Ilhéu de Curral Velho da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 628-629.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 16/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Reserva Natural Boa Esperança da ilha da Boa

Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 280-282.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 17/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Reserva Natural de Moroços da ilha de Santo Antão, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 629-631.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 17/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Reserva Natural Morro de Areia da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 282-283.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 19/2007 de 31 de dezembro de 2007. Aprova a delimitação do Parque Natural de Serra Malagueta da Ilha de Santiago pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas, declarada no anexo do Decreto-Lei nº 3/2003, de 24 de fevereiro, de acordo com as coordenadas, referências e croqui cartográfico. **Boletim Oficial**, Praia, 31 dez. 2007, I Série, n. 48, p. 887-889.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 30/2014 de 25 de novembro de 2014. Aprova a delimitação da Paisagem Protegida das Salinas de Porto Inglês da ilha do Maio, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 25 nov. 2014, I Série, n. 72, p. 2156-2157.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 31/2014 de 25 de novembro de 2014. Aprova a delimitação da Paisagem Protegida de Monte Penoso e Monte Branco da ilha do Maio, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 25 nov. 2014, I Série, n. 72, p. 2157-2159.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 32/2014 de 25 de novembro de 2014. Aprova a delimitação da Reserva Natural das Casas Velhas da ilha do Maio, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 25 nov. 2014, I Série, n. 72, p. 2159-2161.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 33/2014 de 25 de novembro de 2014. Aprova a delimitação da Reserva Natural Lagoa Cimidor da ilha do Maio, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 25 nov. 2014, I Série, n. 72, p. 2162-2163.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 34/2014 de 25 de novembro de 2014. Aprova a delimitação da Reserva Natural da Praia do Morro da ilha do Maio, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 25 nov. 2014, I Série, n. 72, p. 2163-2164.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 36/2014 de 17 de dezembro de 2014. Altera a categoria do Parque Natural de Cruzinha, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 17 dez. 2014, I Série, n. 79, p. 2291-2293.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 37/2014 de 17 de dezembro de 2014. Altera a categoria do Parque Natural de Barreiro e Figueira, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 17 dez. 2014, I Série, n. 79, p. 2293-2296.



CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 38/2014 de 17 de dezembro de 2014. Aprova a delimitação do Parque Natural do Norte da ilha do Maio, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas e desclassifica Terras Salgadas como Reserva Natural e Monte Santo António como paisagem Protegida da Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 17 dez. 2014, I Série, n. 79, p. 2297-2299.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 40/2014 de 22 de dezembro de 2014. Altera a categoria da Reserva Natural Integral de Santa Luzia para Reserva Natural Parcial. **Boletim Oficial**, Praia, 22 dez. 2014, I Série, n. 80, p. 2337-2339.

CABO VERDE. Resolução nº 72/2010 de 13 de dezembro de 2010. Aprova o Plano Nacional para a Conservação das Tartarugas Marinhas em cabo Verde (PNCTM-CV). **Boletim Oficial**, Praia, 13 de dezembro de 2010, I Série, n. 48, p. 2031-2058)

CABO VERDE. Resolução nº 49/2015 de 11 de junho de 2015. Aprova o Plano Nacional de Gestão e Conservação de Corais. **Boletim Oficial**, Praia, 11 jun. 2015, I Série, n. 35, p. 1106-1147.

CABO VERDE. **Intended Nationally Determined Contribution of Cabo Verde**. Praia, 2017.

COSTANZA, R. et al. Principles for sustainable governance of the oceans. **Science**, v. 281, n. 5374, p. 198-199, 1998.

DUNHAM, A. et al. Effects of submarine power transmission cables on a glass sponge reef and associated megafaunal community. **Marine Environmental Research**, v. 107, p. 50-60, 2015.

GHARAVI, Hamid; GHAFURIAN, Reza. Smart grid: The electric energy system of the future. **Proceedings of the IEEE**, New York, v.99, n.6, 2011.

GIDDENS, A. **The Politics of Climate Change**. 2ª ed. Cambridge, UK: Polity Press, 2011.

HALPERN, B. et al. A global map of human impact on marine ecosystems. **Science**, v. 319, n. 5865, p. 948-952, 2008.

HEADRICK, D.; GRISET, P. Submarine telegraph cables: Business and Politics, 1838-1939. **Business History Review**, v. 75, n. 3, p. 543-578, 2001.

HUTCHINSON, Z. et al. **Electromagnetic field (EMF) impacts on elasmobranch (shark, rays and skates) and American lobster movement and migration from direct current cables**. U.S. Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy management, Sterling, OCS Study BOEM 2018-003, 2018.

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/search/link/5a8c2654-72564916>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

IUCN STANDARDS AND CIRTERIA SUBCOMMITTEE. **Guidelines for using the ICUN Red List categories and criteria**. Version 13, 2017. Disponível em

<<http://cmsdocs.s3.amazonaws.com/RedListGuidelines.pdf>>. Acesso em 20/02/2018.

KALMIJN, A. Detection and processing of electromagnetic and near-field acoustic signals in elasmobranch fishes. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 355, n. 1401, p. 1135-1141, 2000.

KILFOYLE, A. et al. Effects of EMF emissions from undersea electric cables on coral reef fish. **Bioeletromagnetics**, v. 39, n. 1, p. 35-52, 2018.

KIRSCHVINK, J. et al. Evidence from strandings for geomagnetic sensitivity in cetaceans. **Journal of Experimental Biology**, v. 120, n. 1, p. 1-24, 1986.

KLAUSTRUP, M. Few effects on the fish communities so far. In: DONG Energy; Vattenfall AB; Danish Energy Authority; Danish Forest and Nature Agency. **Danish offshore wind: Key environmental issues**. 2006. cap. 5, p. 64-79.

KRAUS, C.; CARTER, L. Seabed recovery following protective burial of subsea cables – Observations from the continental margin. **Ocean Engineering**, v. 157, p. 251-261, 2018.

LANGHAMER, O. Artificial reef effect in relation to offshore renewable energy conversion: State of the art. **The Scientific World Journal**, v. 2012, 2012.

LINO, S.; GONÇALVES, E.; COZENS, J. The loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) on Sal Island, Cape Verde: Nesting activity and beach surveillance in 2009. **Archipelago. Life and Marine Sciences**, n. 27, p. 59-63, 2010.

LOHMANN, K.; WILLOWS, A. Lunar-modulated geomagnetic orientation by a marine mollusk. **Science**, v. 235, n. 4786, p. 331-334, 1987.

LOHMANN, K. Sea turtles: Navigating with magnetism. **Current Biology**, v. 17, n. 3, p. R102-R104, 2007.

LOPES, E.; FREITAS, R.; SILVA, O. Os corais de Cabo Verde: Um patrimônio a proteger. **Revista Internacional em Língua Portuguesa**, III Série, n. 27, p. 45-64, 2014.

LOVE, M. et al. A comparison between fishes and invertebrates living in the vicinity of energized and unenergized submarine power cables and natural sea floor off southern California, USA. **Journal of Renewable Energy**, v. 2017, 13 p. 2017.

LOVE, M. et al. Assessing potential impacts of energized submarine power cables on crab harvest. **Continental Shelf Research**, v. 151, n. 1, p. 23-29, 2017.

LUO, X. *et al.* Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation. **Applied Energy**, Amsterdam, v. 137, p. 511-536, 2015.

MARCO, A. et al. Abundance and exploitation of loggerhead turtles nesting in Boa Vista island, Cape Verde: The only substantial rookery in the eastern Atlantic. **Animal Conservation**, v. 15, n. 4, p. 351-360, 2012.

- MAULDIN, A. Frequently asked questions: Submarine cables 101. **TeleGeography**, 14 Feb. 2017. Disponível em <<https://blog.telegeography.com/frequently-asked-questions-about-undersea-submarine-cables>>. Acesso em 15/02/2018.
- MEIBNER, K. et al. **Impacts of submarine cables on the marine environment: A literature review**. Institute of Applied Ecology, Neu Broderstorf, 2006.
- MERCK, T.; WASSERTHAL, R. Assessment of the environmental impacts of cables. **Biodiversity Series: OSPAR Commission**, 2009.
- RICHARDSON, W. et al. **Marine mammals and noise**. San Diego: Academic Press, 1995, p. 575.
- ROBERTS, C. et al. Marine biodiversity hotspots and conservation for tropical reefs. **Science**, v. 295, n. 5558, p. 1280-1284, 2002.
- ROCHA, P. et al. A significant nesting population of loggerhead turtles at the Nature Reserve of Santa Luzia, Cabo Verde. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 14, n. 2, p. 161-166, 2015.
- SHERWOOD, J. et al. Installation and operational effects of a HVDC submarine cable in a continental shelf setting Bass Strait, Australia. **Journal of Ocean Engineering and Science**, v. 1, n. 4, p. 337-353, 2016.
- SLABBEKOORN, H. et al. A noisy spring: The impact of globally rising underwater sound levels on fish. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 7, p. 419-427, 2010.
- SOKER, H. et al. **Offshore Wind Energy in the North Sea: Technical possibilities and ecological considerations**. Greenpeace, 2000.
- TAORMINA, B. et al. A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 96, p. 380-391, 2018.
- TAYLOR, H.; COZENS, J. The effects of tourism, beachfront development and increased light pollution on nesting loggerhead turtles *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) on Sal, Cape Verde Islands. **Zoologia Caboverdiana**, v.1, n.2, p.100-111, 2010.
- WORZYK, T. **Submarine power cables: design, installation, repair, environmental aspects**. Springer, Berlin, 2009.

#### **4. INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA DAS ILHAS DE CABO VERDE: ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE CABOS DE ENERGIA SUBMARINOS**

##### **RESUMO**

A interligação elétrica das ilhas de Cabo Verde é uma forma de aumentar a confiabilidade do sistema elétrico do país e de permitir uma maior penetração de energias renováveis em sua matriz energética. Realizar esta interligação implica na utilização de cabos de energia submarinos. O objetivo deste artigo é avaliar a viabilidade técnica de utilizar estes cabos para interligar as ilhas do arquipélago. Faz-se uma análise documental para levantar os parâmetros de Cabo Verde, como batimetria e correntes marítimas, necessários para determinar esta viabilidade. Que é feita por meio de uma análise comparativa entre estes parâmetros e o estado-da-arte da tecnologia de transmissão submarina de energia. Avalia-se ainda qual a melhor rota para os cabos submarinos em função das restrições encontradas. Conclui-se que a interligação elétrica entre as ilhas é possível na maior parte dos casos, com exceção de dois deles: entre Fogo e Santiago e entre Sal e São Nicolau. Contudo, o avanço tecnológico deve tornar estas interligações tecnicamente viáveis já nos próximos anos.

Palavras-chave: viabilidade técnica, cabos de energia submarinos, integração energética, Cabo Verde.

##### **ABSTRACT**

The electrical interconnection of the Cape Verde's islands is a way of increasing the reliability of the country's electric system and of allowing a higher penetration of renewable energies in its energy matrix. It is necessary to use submarine power cables to make this interconnection. The objective of this paper is to evaluate the technical availability of using these cables to interconnect the islands of the archipelago. The data to evaluate this viability, such as bathymetry and sea currents, are collected through a documentary analysis. The technical viability is then determined by a comparative analysis between these data and the state-of-the-art of the submarine power transmission technology. The best route for the cables between the islands is also determined. It is verified that the electrical interconnection of the Cape Verde's islands is technically feasible in most of the cases, except in two: between Fogo and Santiago islands and between Sal and São Nicolau islands. However, technological advances should make these interconnections technically feasible in the coming years.

Key words: technical viability, submarine power cables, energy integration, Cape Verde.

#### 4.1. Introdução

As ilhas do arquipélago de Cabo Verde operam como sistemas elétricos isolados, o que compromete a resiliência e a capacidade adaptativa destes sistemas, prejudicando a confiabilidade do setor elétrico do país. Em 2016, ocorreram 306 blackouts, o que correspondeu a aproximadamente 120 horas de falta de fornecimento de energia elétrica (INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, 2017). Uma potencial forma de melhorar a confiabilidade destes sistemas elétricos e aumentar a segurança energética de todo o país é a integração energética das ilhas.

Esta integração se torna ainda mais importante para Cabo Verde no âmbito de uma proposta de expansão do uso de fontes renováveis no país. Até 2009, menos de 5% da energia do país era proveniente de fontes renováveis. Em 2011, o governo cabo-verdiano iniciou um projeto para expandir a participação de fontes renováveis em sua matriz energética elétrica para 100% até 2020, sendo este prazo posteriormente prorrogado para 2025. Em 2017, a participação de renováveis já chegava a 18,5% da matriz, principalmente por meio da instalação de parques eólicos e solares (IFAS, 2013; CABO VERDE, 2017).

A intermitência das energias renováveis pode ser um fator limitante a sua expansão. As alternativas para armazenar energia em sistemas elétricos de larga escala ainda não são economicamente viáveis. A interconexão do sistema por meio de redes inteligentes, *smart grid*, se mostra como a principal forma de mitigar os efeitos da intermitência (LUO et al. 2014; GHARAVI; GHAFURIAN, 2011). Interligar eletricamente as ilhas cabo-verdianas significa ter que transmitir energia através do mar, o que implica na utilização de cabos de energia submarinos.

Em Cabo Verde, verifica-se uma complementariedade entre os potenciais renováveis das ilhas, que pode favorecer a superação da intermitência, por meio da interligação elétrica do arquipélago. As ilhas de São Vicente, São Nicolau e Santiago apresentam maior potencial eólico, enquanto as ilhas de Sal, Boa Vista e Maio têm maior potencial solar. Existe também uma complementariedade entre as energias eólica e solar em Cabo Verde. O melhor período para geração eólica ocorre de novembro a junho e coincide com o pior período para geração fotovoltaica, de novembro a janeiro. Além disso, de julho a outubro, período menos favorável para geração eólica, o potencial da energia solar é alto (GESTO ENERGIA, 2011).

Neste artigo, avalia-se a viabilidade técnica da interligação das ilhas de Cabo Verde por meio de cabos de energia submarinos. Para isso, são levantados diversos

parâmetros do arquipélago, como a batimetria, a distância entre as ilhas e a velocidade das correntes marítimas. Estes parâmetros são comparados ao atual estado-da-arte da tecnologia de transmissão submarina de energia, de modo que se possa determinar tanto a viabilidade técnica do uso dos cabos submarinos em Cabo Verde, quanto quais seriam as melhores rotas para interligar as ilhas.

## **4.2. Referencial teórico**

Trata-se a seguir do estado-da-arte dos cabos de energia submarinos, bem como dos parâmetros que devem ser avaliados no local de instalação para determinar a viabilidade da utilização desta tecnologia.

### **4.2.1. Elementos dos cabos de energia submarinos**

A construção dos cabos submarinos envolve a escolha dos diversos materiais e do design (térmico, mecânico e elétrico) a serem utilizados, que são determinados pelas características do local de instalação e pelo tipo de utilização. O material usado como condutor é, tipicamente, cobre ou alumínio, tendo-se a opção entre o condutor sólido e o composto por vários fios. Deve-se definir também qual o sistema de isolamento elétrico, por exemplo, *cross-linked polyethylene* (XLPE) ou *ethylene propylene rubber* (EPR), e que tipo de isolamento contra água, como polimérico ou metálico, serão utilizados (WORZYK, 2009).

Uma das partes mais importantes dos cabos submarinos é a armadura, que fornece estabilidade de tensão e proteção mecânica, sendo que diversos designs diferentes podem ser escolhidos. No caso de cabos instalados em água salgada, a armadura deve ser resistente à corrosão. Usa-se uma camada externa de proteção para evitar danos à armadura durante o transporte e a instalação do cabo, o que poderia comprometer seu efeito anticorrosivo (WORZYK, 2009).

### **4.2.2. Design dos cabos de energia submarinos**

Dentre os diversos fatores que devem ser considerados na escolha do design do cabo estão: marés e correntes, estabilidade do leito marinho, atividade sísmica e a temperatura e a salinidade da água (ALEGRÍA et al., 2009; NONNIS et al., 2016). Ressalta-se que as correntes marítimas são críticas em trechos em que o cabo está em situação de flutuação em vão livre, ou seja, não está assentado no leito do mar. Nesta condição, podem ser formados vórtices ao redor do cabo, os quais podem levá-

lo a vibrar e, eventualmente, se romper. Portanto, deve-se evitar ao máximo que o cabo fique nesta situação (BALOG et al., 2006; WORZYK, 2009).

A temperatura da água no local em que o cabo será instalado influencia diretamente o seu design térmico. O fator crítico é a temperatura máxima a que o cabo estará exposto ao longo do ano. Cabos instalados no mar do Caribe têm design térmico diferente de cabos instalados no mar do Norte, por serem expostos a temperaturas máximas maiores. São considerados, ainda, fatores como a potência máxima que o cabo deverá transmitir e em quais épocas do ano ela ocorrerá. Busca-se um design térmico que maximize a transmissão de potência sem prejudicar a confiabilidade e a vida útil dos cabos e que seja economicamente vantajoso (WORZYK, 2009).

A salinidade, por sua vez, está diretamente relacionada ao tipo e à espessura da proteção contra corrosão utilizada no cabo submarino. Destaca-se que, ao contrário do entendimento comum, a corrosão metálica não é uma função direta da salinidade. A intensidade da corrosão dependerá de diversos outros fatores, podendo, em alguns casos, até mesmo aumentar com a diminuição da salinidade (WORZYK, 2009; SCHUMACHER, 1979; MELCHERS, 2006).

Os parâmetros de utilização do cabo também são essenciais para definição de seu design elétrico. Dentre estes parâmetros, os principais são: a potência a ser transmitida e o comprimento do cabo. O cabo submarino *Kii Channel HVDC Link*, no Japão era, até 2018, o mais potente do mundo (ARDELEAN; MINNEBO, 2015). Ele entrou em operação em 2000, possuindo uma capacidade de transmissão de 1400 MW de potência (SHIMATO; HASHIMOTO; SAMPEI, 2002). O *Kii Channel HVDC Link* foi superado pelo cabo *Western HVDC Link*, que liga a Inglaterra à Escócia, e entrou em operação em outubro de 2018, possuindo uma capacidade para transmitir até 2250MW de potência (SIEMENS, 2012; WESTERN LINK; 2018).

O comprimento do cabo submarino influencia a definição de diversas outras de suas características. Quanto maior a distância, maior deve ser a tensão de transmissão utilizada. Aumentar esta tensão reduz as perdas de energia ao longo do cabo, o que, em distâncias muito grandes, compensa os maiores custos com a infraestrutura em alta tensão, como a necessidade de uma camada de isolamento maior (BLUME, 2007).

Os cabos submarinos em média tensão e corrente alternada (MVAC, do termo em inglês *medium voltage alternate current*) são utilizados, em geral, para distâncias

de aproximadamente 30 km, como é o caso do cabo *Sea2shore*, nos EUA (SEA2SHORE, 2018). Acima desta distância, usam-se cabos de alta tensão. Cabos submarinos em alta tensão e corrente alternada (HVAC, do termo em inglês *high voltage alternate current*) são utilizados para distâncias de até aproximadamente 100 km (ORTON, 2015), sendo que o mais extenso deles, o cabo ROMULO2, que liga as ilhas de Mallorca e Ibiza, na Espanha, tem um comprimento total de 118 km. Este é também o mais longo e mais profundo (800 m) cabo submarino entre ilhas (LOBATO; SIGRIST; ROUCO, 2017). Os cabos submarinos em alta tensão e corrente contínua (HVDC, do termo em inglês *high voltage direct current*), por sua vez, já são utilizados para distâncias muito maiores (ORTON, 2015). O mais longo cabo submarino HVDC em operação é o cabo NorNed, que liga a Noruega à Holanda, com uma extensão de 580 km (SKOG et al., 2010)<sup>11</sup>.

A extensão do cabo também interfere na escolha da corrente de transmissão que será utilizada: corrente alternada ou corrente contínua. Ressalta-se que, em função das grandes perdas ôhmicas que ocorrem nos sistemas em corrente contínua de baixas tensões, os cabos submarinos em corrente contínua só são recomendados para transmissão de energia em alta tensão. Contudo, com o avanço tecnológico das últimas duas décadas, alguns sistemas de corrente contínua em média tensão já estão sendo testados (MURA; DE DONCKER, 2011). Assim, os cabos de energia submarinos em média tensão geralmente operam em corrente alternada. No caso da transmissão de energia em alta tensão, entretanto, a opção entre cabos submarinos HVAC e HVDC vai depender, principalmente, do comprimento da interligação.

A escolha entre a utilização de cabos submarinos HVDC e HVAC compreende, além das perdas ôhmicas citadas anteriormente, outros fatores. Embora os cabos submarinos HVDC apresentem menos perdas do que os cabos HVAC, alguns componentes dos sistemas de transmissão de energia HVDC têm perdas maiores que nos sistemas HVAC, de modo que os sistemas HVDC só começam a ter perdas iguais aos HVAC para distâncias entre 50 e 70 km. Para distâncias maiores que 70 km, os sistemas HVDC, em geral, têm menos perdas que os HVAC (NEGRA; TODOROVIC; ACKERMANN, 2006).

Os sistemas HVAC possuem outra limitação. Os cabos submarinos têm uma grande capacitância, fazendo com que, em sistemas HVAC, eles apresentem grande

---

<sup>11</sup> Uma lista com os principais cabos submarinos instalados no mundo está disponível em <<http://www.4coffshore.com/windfarms/interconnectors.aspx>>.



potência reativa à medida em que se aumenta seu comprimento. A capacidade de transmissão de potência do cabo é reduzida pelo aumento da potência reativa, levando à necessidade da utilização de diversos equipamentos para compensá-la, com impacto no custo do sistema de transmissão submarina de energia HVAC, o que limita a distância até a qual ele é economicamente viável, em comparação aos sistemas HVDC (ALEGRÍA et al., 2009; VELASCO; TRUJILLO; PENA, 2011; ARDELEAN; MINNEBO, 2015).

Destaca-se, ainda, que os sistemas submarinos HVDC precisam de menos cabos que os sistemas HVAC, o que reduz consideravelmente os custos com material e instalação (ALEGRÍA et al., 2009; ARDELEAN; MINNEBO, 2015). Levando em consideração estes custos, bem como as perdas na transmissão e a limitação dos sistemas HVAC, os sistemas HVDC são economicamente vantajosos em relação aos sistemas HVAC para distâncias maiores do que 50 km (ALEGRÍA et al., 2009). Contudo, os cabos HVDC podem ser economicamente interessantes para distâncias menores que 50 km, quando se busca conectar de maneira assíncrona dois sistemas em corrente alternada ou quando o objetivo é estabilizar os fluxos de potência do sistema de transmissão (KARLSDÓTTIR, 2013). Analogamente, usar cabos submarinos HVAC para distâncias superiores a 50 km também pode ser economicamente vantajoso em situações específicas. A fabricante de cabos Prysmian (2018b) indica a utilização dos cabos submarinos HVAC para distâncias de no máximo 120 km e dos HVDC para distâncias de no mínimo 60 km. Portanto, há uma faixa entre 60 e 120 km em que ambos os tipos de cabo submarino poderiam ser utilizados.

#### **4.2.3. Proteção dos cabos de energia submarinos**

As atividades de pesca e ancoragem de embarcações são as causas de 70% dos danos a cabos de energia submarinos. Visando evitar este tipo de dano, os cabos geralmente são enterrados em trincheiras com um a dez metros de profundidade. Este procedimento é suficiente para proteger os cabos contra a maior parte dos equipamentos de pesca e das âncoras, ficando o cabo vulnerável apenas a âncoras muito pesadas, que são utilizadas em menos de 2% das embarcações no mundo (ALEGRÍA et al., 2009; WORZYK, 2009). Outras alternativas, que podem inclusive ser complementares às trincheiras, são instalar estruturas metálicas sobre os cabos ou criar, ao longo do trajeto do cabo, uma zona de proteção, na qual sejam proibidas

atividades de pesca e a ancoragem de embarcações (WOO; KIM; NA, 2015; ARDELEAN; MINNEBO, 2015).

#### **4.2.4. Rota dos cabos de energia submarinos**

Worzyk (2009) destaca que deve ser verificado se, no trajeto planejado para o cabo, não existem outros cabos ou dutos de óleo já instalados, navios naufragados, zonas militares, áreas de extração de areia, áreas de descarte de dejetos e plataformas de extração de óleo e gás, bem como zonas de interesse ecológico, como zonas de reprodução de peixes, áreas que abrigam espécies ameaçadas de extinção e áreas de proteção ambiental. A identificação de áreas ecologicamente sensíveis é fundamental, uma vez que os cabos submarinos podem gerar impactos ambientais capazes de causar perturbações significativas a estes locais (ARDELEAN; MINNEBO, 2015).

Segundo Worzyk (2009), além de verificar as possíveis interferências no trajeto do cabo submarino, é necessário conhecer as características do seu local de instalação, como a batimetria e a estrutura do fundo do mar. Estas informações são especialmente relevantes para a construção das trincheiras para os cabos. Contudo, enquanto a batimetria está disponível, com maior ou menor precisão, em diversas bases de dados mundiais, a estrutura do fundo do mar só é conhecida por meio da caracterização geológica detalhada do leito marinho, com a utilização de navios dedicados, o que torna o custo desta etapa bastante elevado.

Destaca-se que o cabo submarino instalado a maior profundidade é o SA.PE.I. (*Sardegna-Penisola Italiana*), na Itália, alcançando uma profundidade máxima de 1640 metros. Este cabo foi enterrado até o nível de 600 metros em cada ponta, sendo apenas colocado sobre o leito marinho no restante do percurso. Entende-se que, a partir desta profundidade, o cabo já está seguro contra as principais causas de danos mecânicos, como âncoras e redes de arrasto para pesca. (RENDINA et al., 2012; ARDELEAN; MINNEBO, 2015). A Prysmian, uma das principais fabricantes de cabos de energia, informa que é capaz de instalar cabos em profundidades de até 2000 metros e que está desenvolvendo tecnologia para instalar cabos a 3000 metros (PRYSMIAN, 2018a)<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Para mais informações ver <<https://www.prysmiangroup.com/en/products-and-solutions/power-grids/product-technology-innovation>>.

### 4.3. Método

Este trabalho analisa viabilidade técnica da utilização de cabos de energia submarinos para interligar as ilhas do arquipélago de Cabo Verde. Os dados foram coletados por meio de pesquisa documental, em bases de dados do governo de Cabo Verde, bases de dados internacionais e artigos científicos. Esta etapa, em projetos de instalação de cabos de energia submarinos, é chamada de *Desk Top Study* (DTS), sendo considerada uma das mais importantes etapas do projeto (NONNIS et al., 2016). Conforme indicado por Worzyk (2009), a maior parte dos dados necessários para projetos de transmissão submarina de energia pode ser conseguida em fontes públicas e autoridades marítimas. A determinação da viabilidade técnica é feita por meio de uma análise comparativa entre o atual estado-da-arte dos cabos submarinos, conforme indicado no Referencial Teórico, e os dados coletados, referentes às condições para instalação dos cabos em Cabo Verde.

Os dados geológicos foram obtidos em diversos artigos científicos que estudaram o fundo do mar ao redor das ilhas de Cabo Verde. Nestes trabalhos, foram coletados também dados a respeito da estabilidade do solo e de eventos sísmicos na região. A batimetria da região foi conseguida na agência americana *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Alguns dados sismológicos foram levantados junto ao Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde.

Aspectos físicos das águas marinhas no arquipélago também foram obtidos. As velocidades média e máxima das correntes marinhas foram coletadas em artigos científicos. Dados de salinidade e temperatura foram conseguidos por meio do software *Global Marine Argo Atlas*<sup>13</sup> fornecido pela ARGO, uma iniciativa internacional que instalou e mantém 3.879 boias de monitoramento de salinidade e temperatura ao redor do mundo<sup>14</sup>.

No que diz respeito aos obstáculos que podem existir no caminho dos cabos submarinos, foram conseguidos dados sobre a pesca em Cabo Verde em documentos do Ministério do Ambiente Cultura e Pescas e do Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas, bem como em alguns artigos científicos. Informações sobre cabos de telecomunicações submarinos que existem entre as ilhas do

---

<sup>13</sup> O software está disponível para download gratuito no site <[http://www.argo.ucsd.edu/Marine\\_Atlas.html](http://www.argo.ucsd.edu/Marine_Atlas.html)>.

<sup>14</sup> Para mais informações sobre a ARGO ver <<http://www.argo.ucsd.edu/>>.

arquipélago foram coletados nas empresas *Telegeography* e *CVTelecom*. Com relação às áreas ecologicamente sensíveis, foram utilizados dados da seção 3.

A estimativa do comprimento necessário para cada um dos cabos de energia submarinos foi feita com base nas distâncias e na batimetria entre ilhas medidas a partir do software *Google Earth Pro*<sup>15</sup>. Estes dados foram utilizados para traçar os perfis batimétricos para a rota de cada cabo e calcular o seu comprimento. Já os dados necessários para estimar a potência dos cabos foram obtidos nos balanços energéticos das empresas de distribuição de energia de Cabo Verde.

Após a coleta dos dados, é feita a análise comparativa entre os valores de referência do atual estado-da-arte da tecnologia de cabos de energia submarinos indicados no referencial teórico e os dados coletados para Cabo Verde. Por fim, considerando todas as restrições encontradas, apresenta-se um mapa com o melhor trajeto para cada um dos cabos de interligação entre as ilhas de Cabo Verde. Este mapa foi feito utilizando-se software *QGIS*, versão *3.2.1-Bonn*, tendo como mapa base o *Google Maps*.

#### **4.4. Resultados e análise**

A seguir apresentam-se os principais parâmetros que condicionam a viabilidade de instalação dos cabos de energia submarinos entre as ilhas de Cabo Verde.

##### **4.4.1. Geologia submarina**

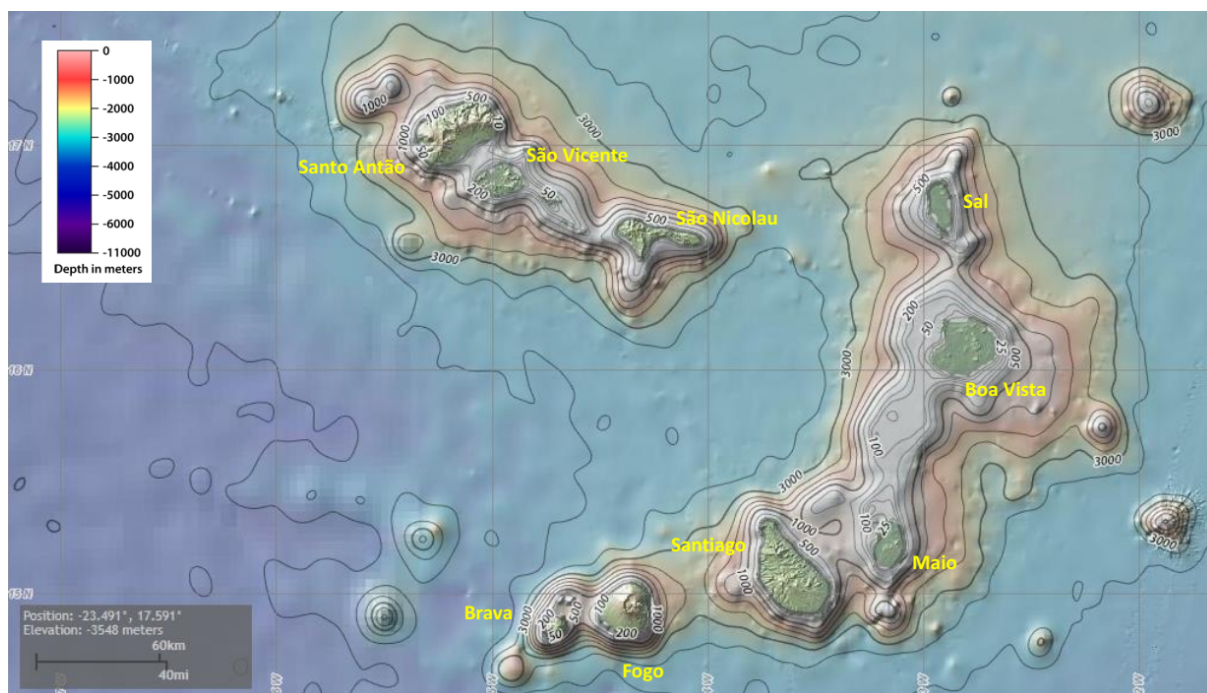
As ilhas de Cabo Verde estão localizadas no flanco sudoeste da “Elevação de Cabo Verde” (*Cape Verde Rise*), um domo batimétrico com área de  $3 \times 10^5$  km<sup>2</sup> e elevado de aproximadamente 2400 metros em relação ao nível do solo marinho que o cerca. Trata-se da maior anomalia batimétrica do fundo marinho em todo mundo (CROUGH, 1982; MCNUTT, 1988; LODGE; HELFFRICH, 2006; HOLM et al., 2008). As ilhas estão no topo de dois pedestais dispostos no formato da letra “T” (Figura 4.1), cujas bases estão a, aproximadamente, 3300 metros abaixo do nível do mar. O primeiro pedestal, chamado de Pedestal Vertical, concentra as ilhas do Sal, de Boa Vista, de Maio, de Santiago, do Fogo e Brava, possuindo 400 km de comprimento e menos de 40 km de largura. O segundo pedestal, chamado de Pedestal Horizontal, engloba as ilhas de São Nicolau, de Santa Luzia de São Vicente e de Santo Antão e

---

<sup>15</sup> O software está disponível para download gratuito no site <https://www.google.com/earth/download/gep/agree.html>.

tem 220 km de comprimento e 70 km de largura (Figura 4.1). Não há uma conexão topográfica entre os dois pedestais, de modo que a profundidade entre eles pode chegar a mais de 3000 metros (BALLARD, 1982).

Figura 4.1 – Mapa batimétrico de Cabo Verde



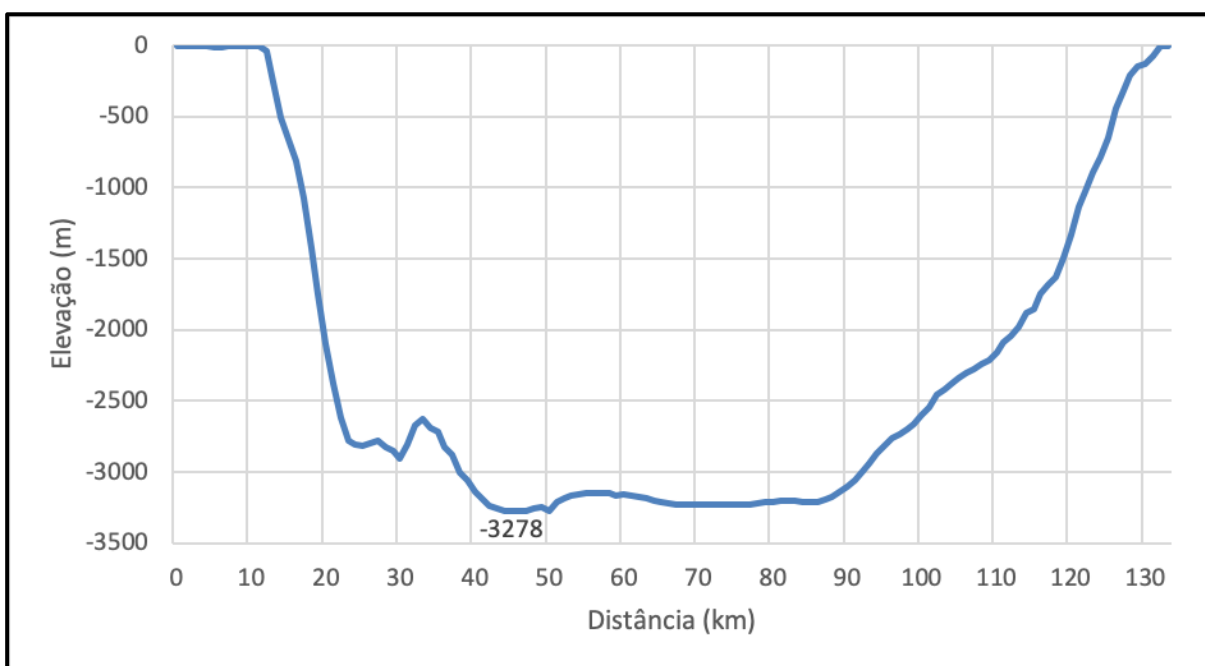
Fonte: Adaptado pelo autor baseado em <https://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/bathymetry/>.

A análise do mapa batimétrico (Figura 4.1) permite avaliar a interligação entre as ilhas. No Pedestal Horizontal, a profundidade entre as ilhas é menor do que 1000 metros, sendo que entre Santo Antão e São Vicente ela não passa de 300 metros. Já para o Pedestal Vertical, verifica-se que é possível interligar as ilhas do Sal, de Boa Vista, de Maio e de Santiago. A profundidade entre elas fica sempre abaixo dos 1000 metros, chegando a apenas 200 metros entre Maio e Boa Vista. Contudo, a profundidade entre Santiago e Fogo ultrapassa os 2500 metros, o que inviabiliza a ligação entre estas ilhas, embora seja possível conectar a ilha do Fogo à ilha Brava. Ressalta-se que as ligações entre Santiago e Fogo e entre São Nicolau e Sal ou Boa Vista devem ser viabilizadas em breve, uma vez que as empresas fabricantes de cabos já estão desenvolvendo tecnologia para alcançar profundidades de 3000 metros.

A separação dos dois pedestais representa uma limitação para interligação das ilhas de Cabo Verde. A profundidade entre os dois pedestais inviabiliza, atualmente, a instalação de um cabo de energia submarino entre eles, visto que ela, em sua menor

profundidade, ainda é praticamente o dobro daquela em que está instalado o cabo mais profundo do mundo, o SA.PE.I, e muito além dos 2000 metros que são o limite da tecnologia atual. Logo, não é possível fazer a conexão entre ilhas do Pedestal Vertical com ilhas do Pedestal Horizontal. A Figura 4.2 mostra o perfil batimétrico do trajeto entre as ilhas de São Nicolau e do Sal, considerando o percurso com a menor profundidade máxima (3278 m) entre os dois pedestais.

Figura 4.2 – Perfil batimétrico entre as ilhas de São Nicolau e do Sal



Fonte: Elaborado pelo autor baseado em *Google Earth Pro*.

Tratando-se ainda da geologia de Cabo Verde, é necessário analisar a estabilidade do solo e os eventos sísmicos. As ilhas do arquipélago são de origem vulcânica e todas, à exceção de Maio, apresentam edifícios vulcânicos bem preservados (MCNUTT, 1988; HOLM et al., 2008). Há cinco sistemas vulcânicos ativos simultaneamente no arquipélago. Três estão no noroeste de Cabo Verde: um na ilha de Santo Antão, um na montanha submersa Charles Darwin e um na montanha submersa Sodade. Os outros dois são mais ativos que os demais e ficam no sudoeste do arquipélago: um na ilha do Fogo e outro na montanha submersa Cadamosto, próxima à ilha Brava (HANSTEEN; KWASNITSCHKA; KLUGEL, 2014; LE BAS et al., 2007). O vulcão na ilha do Fogo é especialmente ativo, tendo entrado em erupção inúmeras vezes no tempo histórico, sendo as mais recentes em 1995 e 2014 (RIBEIRO, 1960; DAY; SILVA; FONSECA, 1999; RITCHER et al., 2016).

Essa intensa atividade vulcânica se reflete em uma grande atividade sísmica em Cabo Verde. Faria e Fonseca (2014) analisaram eventos sísmicos ocorridos entre setembro de 2011 e maio de 2013, os quais foram registrados pela rede de estações sísmicas instalada, em 2011, pelo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde para monitorar atividades vulcânicas, em especial nas ilhas do Fogo, Brava e de Santo Antão. Para a ilha do Fogo, registrou-se uma média de oito eventos por dia, a maior parte deles com epicentro localizado na região da cratera onde houve a erupção de 1995. A magnitude destes eventos variou entre 0,1 e 3,5  $M_L$ . Na ilha de Brava, foi registrado um evento por dia, com magnitudes entre 0,7 e 3,2  $M_L$ . A maior parte dos eventos teve seu epicentro fora da ilha, principalmente na área entre Brava e Fogo. Na ilha de Santo Antão foram registrados 3 eventos diários, com magnitudes que iam de 0,1 a 4,5  $M_L$ . O epicentro destes eventos estava distribuído principalmente na própria ilha e nas regiões entre a ilha e as montanhas submersas Charles Darwin e Nola. Apenas um evento teve seu epicentro na região entre Santo Antão e São Vicente.

Apesar da grande quantidade de eventos sísmicos em Cabo Verde, a maior parte deles é de intensidade pequena, abaixo de 4  $M_L$ . O maior evento registrado nas últimas três décadas teve magnitude de 4,9  $M_L$ , ainda insuficiente para causar grandes danos (FARIA; FONSECA, 2014; GREVEMEYER, 2009). A atividade sísmica não deve ser um fator crítico para instalação dos cabos de energia submarinos, tanto por esta baixa intensidade, quanto pelo fato de a maior parte dos eventos não ocorrer entre as ilhas, onde os cabos passarão. Deve-se ter atenção apenas na região entre as ilhas do Fogo e Brava, que é uma área de grande concentração de eventos sísmicos.

A origem vulcânica das ilhas de Cabo Verde resulta em outro fator que influencia a instalação dos cabos de energia submarinos. Trata-se das avalanches de detritos, falhas finas que afetam vulcões nos flancos de ilhas e geram um campo de blocos rochosos na encosta da ilha e no solo marinho ao redor dela. Les Bas et al. (2007) identificaram, por meio da análise de dados batimétricos e subaéreos, avalanches de detritos ao redor da ilha do Fogo. A região com detritos entre as ilhas do Fogo e de Santiago tem 750  $km^2$  de área e seus blocos rochosos em forma de cone podem ocupar uma área de até 5  $km^2$  cada. Um campo menor foi identificado também entre as ilhas do Fogo e Brava. Masson et al. (2008) fizeram uma pesquisa semelhante à de Le Bas et al., considerando não só a ilha do Fogo, mas também as ilhas de Santo



Antão, de São Vicente e de São Nicolau. Eles identificaram avalanches de detritos ao redor de todas elas, com áreas variando entre 540 e 1460 km<sup>2</sup>. As avalanches estão localizadas ao redor do Pedestal Horizontal, não havendo detritos nas áreas entre as ilhas. Os únicos locais em que as avalanches de detritos podem atrapalhar a rota dos cabos submarinos são, portanto, entre a ilha do Fogo e as ilhas de Santiago e Brava. Nestes locais, a pesquisa detalhada do solo marinho é fundamental para que possa ser escolhido um trajeto que evite os blocos rochosos.

#### 4.4.2. Condições do ambiente marinho

As correntes marítimas em Cabo Verde têm velocidades, em geral, lentas, da ordem de 0,05 m/s. Contudo, observa-se que as ilhas funcionam como uma barreira ao fluxo de água, induzindo velocidades maiores nas regiões entre as ilhas e nas extremidades dos grupos de ilhas. As maiores velocidades ocorrem entre as ilhas de São Vicente e de São Nicolau e entre as ilhas de Maio e de Boa Vista, chegando a 0,3 e 0,22 m/s, respectivamente (GOMES et al., 2015). Logo, as correntes de maior velocidade ocorrem justamente onde os cabos deverão ser instalados, ou seja, entre as ilhas. No entanto, a velocidade máxima de 0,3 m/s não é crítica a ponto de inviabilizar a interligação elétrica das ilhas. Cabos como o *NorNed* e o *IFA2000*, no Mar do Norte, estão submetidos a correntes marítimas com velocidades de até 0,5 m/s<sup>16</sup>. Ainda assim, é recomendável evitar vãos livres flutuantes nos dois trechos citados. Na área entre São Vicente e São Nicolau, pode-se inclusive optar por uma rota que contorne a ilha de Santa Luzia e os ilhéus Branco e Raso, evitando o trajeto por entre estas ilhas que, apesar de mais curto, apresenta as correntes marítimas mais fortes de todo o arquipélago.

Outros parâmetros a serem considerados são a temperatura e a salinidade da água do mar em Cabo Verde. A temperatura na região é estável, variando entre 6 e 4 °C para profundidades entre 1000 e 1500 metros e ficando por volta dos 27 °C na superfície marinha. A salinidade varia muito pouco, ficando em aproximadamente 35 psu<sup>17</sup> abaixo dos 600 metros e atingindo um máximo de 36,5 psu na superfície. Ressalta-se que a temperatura e a salinidade não são fatores críticos para a

---

<sup>16</sup> A *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) disponibiliza um mapa interativo com o histórico das velocidades das correntes marítimas em todo o mundo no site *State of the Ocean*, disponível em <<https://podaac-tools.jpl.nasa.gov/soto>>.

<sup>17</sup> psu (do termo em inglês *practical salinity unity*) é uma unidade de medida da quantidade de sais existentes em massas de água, medidas pela relação entre a condutividade elétrica da água e sua salinidade.



instalação dos cabos de energia submarinos em Cabo Verde. Contudo, estas características do mar do arquipélago devem ser consideradas no design térmico e na definição da proteção contra corrosão dos cabos que serão utilizados.

#### **4.4.3. Obstáculos**

É preciso avaliar, também, a existência de eventuais obstáculos no trajeto dos cabos. Inicia-se pela identificação das zonas de pesca em Cabo Verde. Apesar da Zona Econômica Exclusiva de Cabo Verde ter uma área de 734.265 km<sup>2</sup>, a maior parte da atividade pesqueira do país ocorre na região da plataforma continental (profundidades de até 200 metros), que é a região do arquipélago com a maior concentração de peixes (CABO VERDE, 2004b; MENEZES et al., 2015). As principais áreas de pesca são a região entre Santo Antão e São Nicolau e a região entre Sal e Maio (INSTITUTO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DAS PESCAS, 2012; CARNEIRO, 2011). Estas áreas de pesca estão justamente entre as ilhas, regiões por onde os cabos passariam.

A frota pesqueira de Cabo Verde é majoritariamente artesanal, composta por barcos com menos de 9 metros que, em geral, pescam a distâncias de menos de 300 metros da costa das ilhas. Em 2016, havia 1688 embarcações artesanais e apenas 91 industriais<sup>18</sup>. E mesmo estas embarcações industriais não são grandes, chegando a no máximo 26 metros de comprimento (CABO VERDE, 2004a). Assim, o uso de trincheiras é suficiente para proteger os cabos nestas zonas de pesca, visto que as embarcações que atuam nelas não são grandes a ponto de terem âncoras suficientemente pesadas para transpassar as trincheiras e danificar os cabos. As trincheiras também protegerão os cabos dos equipamentos de pesca utilizados pelas embarcações.

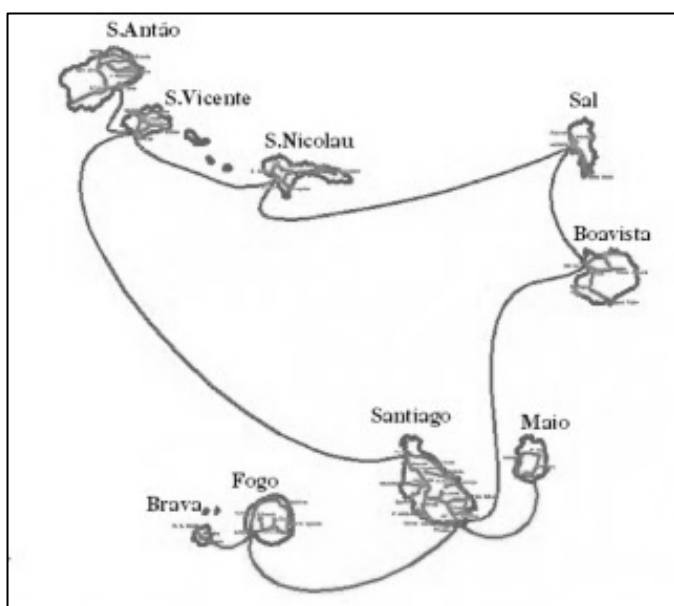
A instalação dos cabos de energia submarinos deverá evitar interferências com os cabos de telecomunicações submarinos existentes no arquipélago de Cabo Verde. Todas as ilhas estão interconectadas, existindo um anel de cabos entre as ilhas de São Vicente, São Nicolau, Sal, Boa Vista e Santiago, bem como conexões entre as ilhas do anel com as fora dele, como pode ser visto na Figura 4.3. Esta figura mostra que a rota dos cabos de telecomunicações será muito parecida com a rota dos cabos de energia.

---

<sup>18</sup> Para mais informações sobre as embarcações pesqueiras de Cabo Verde ver <<http://www.spcsrp.org/en/cabo-verde>>.

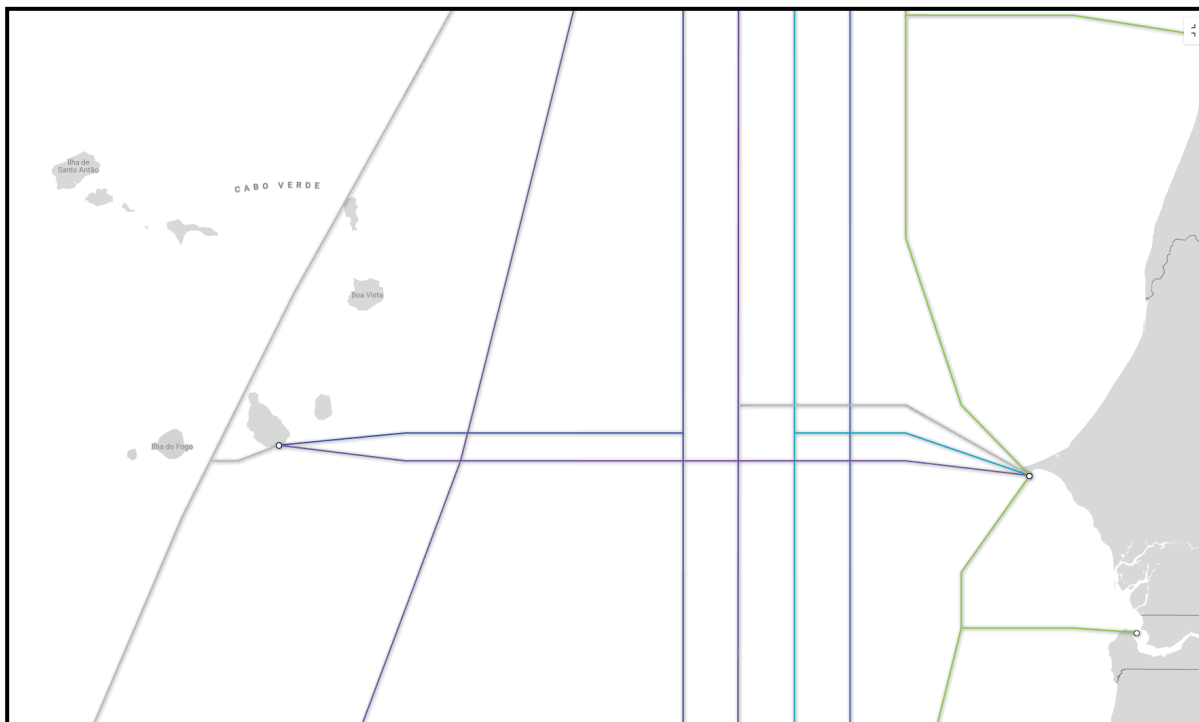
Existem ainda cabos submarinos de telecomunicações que interligam Praia a Dakar, a Lisboa e à Cidade do Cabo, mas estes cabos não estão na rota dos cabos de energia para interligação das ilhas, uma vez que saem de Praia rumo ao continente africano. Está prevista a instalação de um cabo entre Brasil e Portugal, passando por Cabo Verde, em 2020. Este Cabo passará entre as ilhas do Fogo e de Santiago e entre as ilhas de São Nicolau e do Sal, como pode ser visto na Figura 4.4. Contudo, uma vez que a posição dos cabos de telecomunicações é conhecida, é possível planejar rotas para os cabos de energia, de modo a evitar interferências. Caso isso não seja possível, pode-se optar pela utilização de proteções adicionais no trecho do cabo de energia em que ocorrerá o cruzamento com o cabo de telecomunicações (WORZYK, 2009).

Figura 4.3 – Cabos de telecomunicações submarinos que interligam as ilhas de Cabo Verde



Fonte: <http://www.grupocvt.com.cv/node/183>. Acesso em 21/08/2018.

Figura 4.4 – Cabos de telecomunicações submarinos intercontinentais que passam por ou próximo de Cabo Verde



Fonte: <https://www.submarinecablemap.com/#/>. Acesso em 21/08/2018.

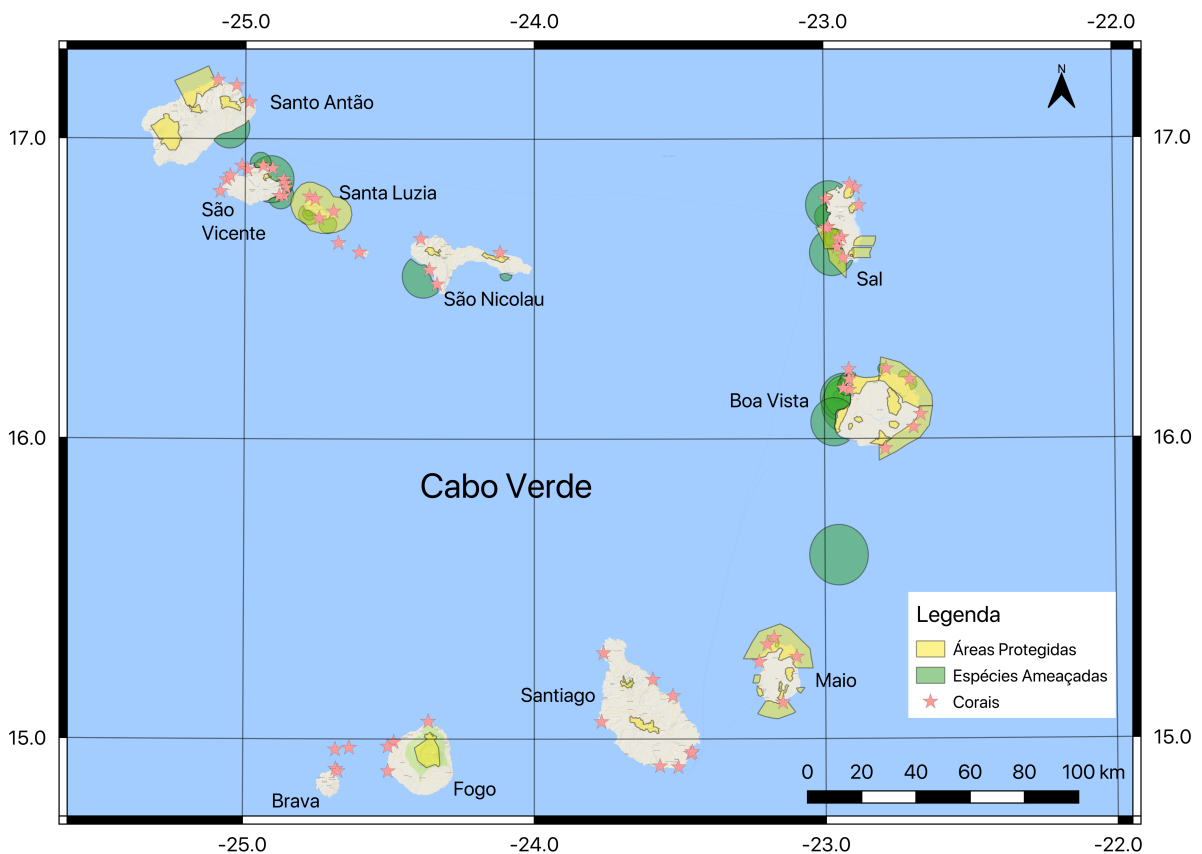
Outro potencial obstáculo para os cabos de energia submarinos são os navios naufragados. A empresa *Arqueonautas Worldwide (AWW)* localizou e mapeou mais de 80 naufrágios em Cabo Verde. Foram investigadas todas as ilhas, com exceção da ilha do Sal. Contudo, por questões de segurança, a localização destes naufrágios não pode ser divulgada, uma vez que eles poderiam ser alvos de saqueadores. Deste modo, a identificação de navios naufragados na rota dos cabos só poderá ser feita por meio de uma pesquisa detalhada do solo marinho ou de uma autorização do governo de Cabo Verde para se ter acesso ao mapa feito pela AWW.

#### **4.4.4. Zonas ecologicamente sensíveis**

A rota planejada para os cabos submarinos deve evitar zonas ecologicamente sensíveis, visto que estas são áreas em que os impactos ambientais inerentes aos cabos submarinos podem ter efeitos significativos. Estas áreas, em Cabo Verde, foram mapeadas na seção 3 e podem ser vistas na Figura 4.5. As áreas mais complexas para a instalação dos cabos submarinos são as ilhas do Sal, Boa Vista, São Vicente e Maio, em função do grande número de zonas ecologicamente sensíveis ao redor destas ilhas. No entanto, em nenhum caso a questão ambiental é um fator que inviabilize a utilização dos cabos.

Na ilha da Boa Vista, verifica-se que, em função das restrições ambientais, os cabos devem ser conectados na região sul da ilha, onde não há nenhuma cidade. Contudo, destaca-se que a área em questão é uma Zona de Desenvolvimento Turístico Integral (ZDTI), chamada ZDTI de Santa Mônica, na qual está prevista a instalação de uma rede hoteleira com 28.650 quartos (CABO VERDE, 2009b). Esta estrutura turística demandará uma grande quantidade de energia, o que justificaria a expansão da rede de energia elétrica até a região. Isso também torna a ZDTI Santa Mônica um ponto interessante para a chegada do cabo submarino, desde que ela seja feita de modo a não comprometer seu potencial turístico, especialmente no que diz respeito à interferência com a paisagem natural.

Figura 4.5 – Áreas ecologicamente sensíveis em Cabo Verde



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.4.5. Requisitos elétricos e rota dos cabos de energia submarinos

O comprimento e a potência a ser transmitida interferem diretamente no design elétrico dos cabos de energia submarinos. A potência é uma função tanto da demanda de energia quanto da capacidade instalada em cada ilha. A Tabela 4.1 apresenta a máxima ponta de demanda de energia para o ano de 2016 e a capacidade instalada

neste mesmo ano em cada ilha. Esta tabela mostra, ainda, a potência disponível, ou seja, a diferença entre a capacidade de geração e a demanda máxima, para cada ilha em 2016.

Nota-se que, mesmo que se queira transmitir a potência disponível de todas as ilhas para apenas uma delas, cabos com potência na ordem de 140 MW seriam suficientes para isso, o que seria viável tanto com cabos HVAC, quanto com cabos HVDC. Os cabos de energia submarinos devem ser projetados considerando a necessidade de uma transmissão de potência maior que a atual, em função do crescimento da demanda ao longo de sua vida útil. No caso de Cabo Verde, verifica-se que mesmo com um aumento de 100%, ou seja, de 140 para 280 MW, esta potência poderia ser transmitida com a tecnologia atual.

Tabela 4.1 – Consumo máximo na ponta e capacidade instalada das ilhas de Cabo Verde

Ilha	Consumo na ponta (kW)	Capacidade Instalada (kW)	Potência disponível (kW)
Brava	580	1.416	836
Boa Vista	6530 <sup>(1)</sup>	14.100	7.570
Fogo	2.575	7.840	5.265
Maio	580	1.976	1.396
Sal	10.438	32.175	21.737
Santiago	36.884	102.102	65.438
Santo Antão	3.005	10.300	7.295
São Nicolau	1.280	8.525	7.245
São Vicente	12.400	33.750	21.350
<b>Total</b>	<b>74.272</b>	<b>212.404</b>	<b>138.132</b>

(1) Não estavam disponíveis os dados de 2016 para a ilha de Boa Vista, sendo apresentados os dados de 2012.

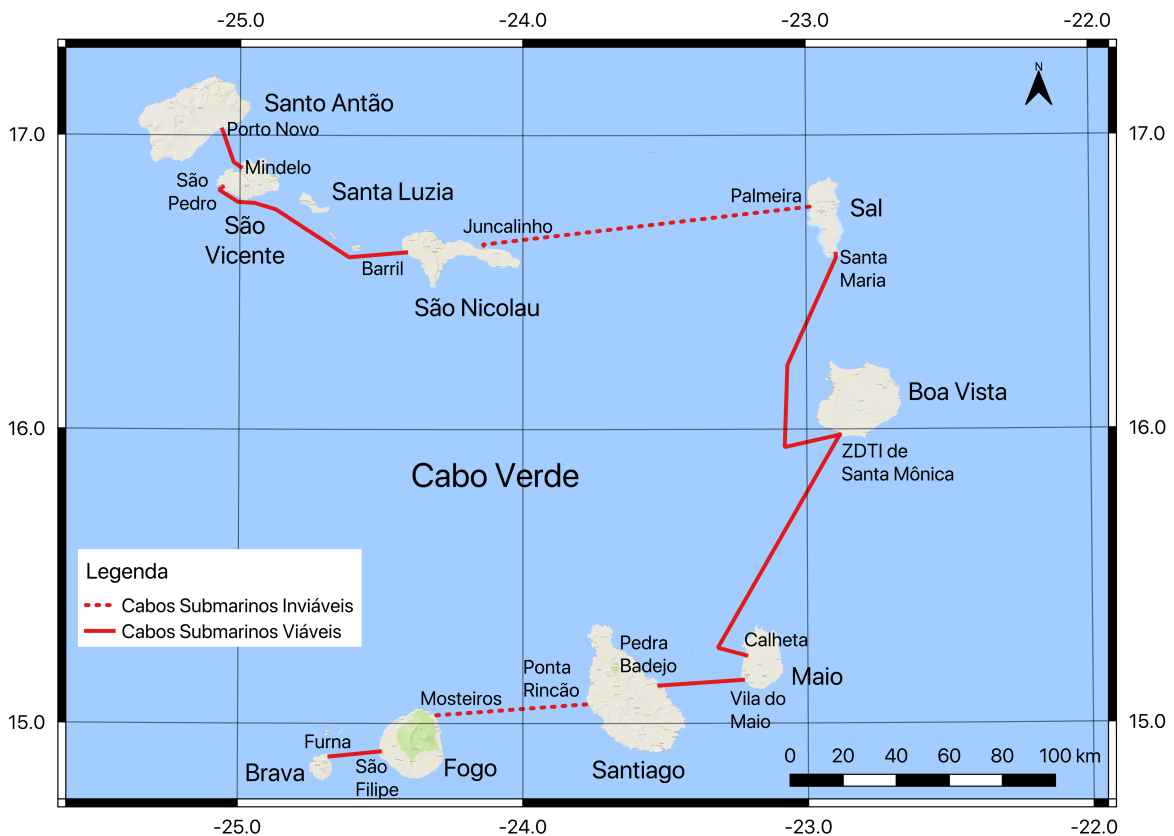
Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Electra Norte (2017); Electra Sul (2017); Cabeólica (2017); Évora e Vera-Cruz (2017); <<http://aguaspontapreta.cv/datos-relevantes/>>.

A rota proposta para os cabos de energia submarinos para interligação das ilhas de Cabo Verde pode ser vista na Figura 4.6. A Tabela 4.2 apresenta as distâncias a serem percorridas pelos cabos para interligá-las. Os critérios considerados na definição das rotas foram: a menor distância possível para os cabos submarinos entre as ilhas, as restrições apontadas anteriormente e a disposição da rede elétrica existente em cada ilha (GESTO ENERGIA, 2011).

A maior distância a ser percorrida pelos cabos submarinos é de aproximadamente 134 km entre as ilhas do Sal e São Nicolau (Tabela 4.2), sendo que, das oito ligações necessárias, apenas duas são maiores do que 100 km. Considerando apenas as distâncias, a interligação das ilhas é viável tanto com cabos HVAC quanto HVDC, podendo inclusive ser utilizados cabos MVAC para as seguintes conexões: Brava-Fogo, Santiago-Maio e São Vicente-Santo Antão, cujas distâncias são menores ou próximas a 30 km.

O comprimento dos cabos de energia submarinos poderá ser um pouco maior que o calculado, caso existam obstáculos não previstos na rota indicada. Contudo, em nenhuma das interligações previstas para Cabo Verde esta diferença será significativa o suficiente para inviabilizar a utilização dos cabos.

Figura 4.6 – Mapa com as rotas propostas para os cabos de energia submarinos para interligação das ilhas de Cabo Verde



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4.2 – Comprimento dos cabos de energia submarinos necessários para interligar as ilhas de Cabo Verde

<b>Interligação</b>	<b>Comprimento do cabo (km)</b>
Brava – Fogo	20
Fogo – Santiago	62
Santiago – Maio	34
Maio – Boa Vista	101
Boa Vista – Sal	88
Sal – São Nicolau	134
São Nicolau – São Vicente	80
São Vicente – Santo Antão	16
<b>Total</b>	<b>535</b>

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em *Google Earth Pro*.

A análise das condições geológicas, físicas e de possíveis interferências na rota dos cabos mostra que é viável instalar cabos de energia submarinos na maior parte do arquipélago de Cabo Verde. A interligação se mostra tecnicamente inviável apenas nos trechos entre Fogo e Santiago e entre Sal e São Nicolau, devido à profundidade do mar nestas regiões estar além daquela suportada pela atual tecnologia dos cabos de energia submarinos. Nas demais ilhas, as interligações são possíveis, embora com algumas restrições para o percurso do cabo. O Quadro 4.1 apresenta uma matriz de viabilidade.

Quadro 4.1 – Viabilidade da interligação energética das ilhas de Cabo Verde por meio de cabos de energia submarinos

<b>Interligação</b>	<b>Viável</b>	<b>Considerações</b>
Brava - Fogo	Sim	Região de grande ocorrência de eventos sísmicos que podem, eventualmente, danificar o cabo. A existência de avalanches de detritos requererá uma pesquisa detalhada do fundo oceânico para a determinação da melhor rota para o cabo submarino. Podem ser utilizados cabos MVAC.
Fogo - Santiago	Não	Profundidade de mais de 2500 metros inviabiliza a instalação de cabos submarinos.
Santiago - Maio	Sim	Ocorrerá cruzamento com o cabo de telecomunicações submarino. Podem ser utilizados cabos MVAC.
Maio - Boa Vista	Sim	Devem-se evitar vãos livres no cabo em função das fortes correntes entre as ilhas. Principal zona de pesca do arquipélago, trincheiras devem ser utilizadas em todo o trajeto. Na ilha da Boa Vista, a região do Sal Rei deve ser evitada dadas as restrições ambientais e a conexão do cabo feita na ZDTI Santa Mônica.

<b>Interligação</b>	<b>Viável</b>	<b>Considerações</b>
Boa Vista - Sal	Sim	Ocorrerá cruzamento com o cabo de telecomunicações submarino. Principal zona de pesca do arquipélago, trincheiras devem ser utilizadas em todo o trajeto. Na ilha da Boa Vista, a região do Sal Rei deve ser evitada dadas as restrições ambientais e a conexão do cabo feita na ZDTI Santa Mônica.
Sal - São Nicolau	Não	Profundidade de mais de 3200 metros inviabiliza a instalação de cabos submarinos.
São Nicolau - São Vicente	Sim	Devem-se evitar vãos livres no cabo em função das fortes correntes entre as ilhas. Na ilha de São Nicolau, o cabo deve sair de Barril e não de Tarrafal em função das restrições ambientais. O cabo deve passar ao sul dos ilhéus Branco e Raso, evitando as correntes marítimas mais fortes, bem como a Reserva Natural Marinha de Santa Luzia. Na ilha de São Vicente, a conexão deve ser feita em São Pedro. Neste ponto deve-se realizar uma pesquisa detalhada do fundo oceânico para evitar que o cabo passe sobre os corais próximos à cidade.
São Vicente - Santo Antão	Sim	Por questões ambientais, o cabo deve sair ao norte da cidade de Mindelo, evitando a Baía do Porto Grande e o lado oeste do ilhéu dos Pássaros, onde há comunidades de corais. Na chegada a Porto Novo deve-se realizar uma pesquisa detalhada do fundo oceânico para evitar que o cabo passe sobre locais que abrigam espécies marinhas ameaçadas de extinção. Podem ser utilizados cabos MVAC.

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### **4.5. Conclusão**

A integração energética das ilhas de Cabo Verde auxiliará na superação das limitações impostas pela intermitência inerente às energias de fluxo. A integração da distribuição espacial e temporal das energias renováveis é um passo importante rumo a uma maior segurança energética para o país, além de melhorar a estabilidade do sistema elétrico em um cenário com 100% da geração de energia elétrica vindo de fontes renováveis. Contudo, a tecnologia de cabos de energia submarinos ainda apresenta algumas limitações que inviabilizam a interligação de todo o arquipélago.

Dentre os diversos aspectos avaliados, o único fator que limita a interligação de algumas das ilhas é a profundidade do oceano entre elas. São mais de 2.500 metros entre as ilhas do Fogo e de Santiago e quase 3.200 metros entre Sal e São Nicolau. A tecnologia atual permite instalar cabos a até 2.000 metros. No entanto, fabricantes de cabos de energia submarinos afirmam já estarem desenvolvendo tecnologia para chegar aos 3000 metros. A interligação destas ilhas deve se tornar viável muito em breve e Cabo Verde poderia, inclusive, ser o primeiro país a receber cabos submarinos a mais de 3000 metros de profundidade.



As restrições ambientais apontadas na seção 3, apesar de não inviabilizarem a instalação dos cabos, tem impacto direto nas rotas a serem utilizadas. Isso implica na necessidade tanto de se utilizar cabos submarinos mais longos, quanto de se expandir a rede aérea de transmissão de energia existente em algumas ilhas.

Apesar de não ser possível interligar todo o arquipélago, várias ligações elétricas entre as ilhas são tecnicamente viáveis. Muitas delas são interessantes, como a interligação da ilha de Santiago com a do Maio e da ilha de São Vicente com a de Santo Antão, por tratar-se de percursos rasos e curtos. Outra ligação interessante é entre as ilhas de Santiago, do Sal e de Boa Vista, pois são as ilhas que mais cresceram na última década tanto economicamente, quanto em consumo de energia (INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA; 2018).

Destaca-se que uma das etapas apontadas por Worzyk (2009) para a análise de viabilidade técnica da instalação dos cabos não pode ser realizada. Trata-se da pesquisa da rota marítima do cabo, que consiste em mapear o leito marinho por onde ele passaria, visando identificar possíveis obstáculos, como afloramentos de rochas ou navios naufragados.

A realização desta atividade requer a utilização, durante vários dias, de um navio dedicado e apropriado para este tipo de mapeamento, o que está além dos recursos financeiros disponíveis para a pesquisa. Contudo, entende-se que esta etapa diz mais sobre encontrar a melhor rota para o cabo submarino do que realmente indicar a viabilidade ou não de sua utilização. Na maior parte dos casos, eventuais obstáculos encontrados em uma rota pré-definida podem ser superados simplesmente escolhendo-se uma rota adjacente ou mesmo contornando este obstáculo.

Por fim, ressalta-se que este artigo tem como foco, exclusivamente, a viabilidade técnica da instalação dos cabos de energia submarinos. Não foram estudados quais os impactos que a interligação das ilhas de Cabo Verde teria no sistema elétrico de cada uma delas. Também não foram estimados os custos para implantar estas interligações. Recomenda-se para trabalhos futuros a realização de estudos que avaliem como esta interligação afetará o sistema elétrico das ilhas em questões de estabilidade, fluxo de potência e proteção.

#### **4.6. Referências**

4COFFSHORE. Offshore interconnections. Disponível em: <<http://www.4coffshore.com/windfarms/interconnectors.aspx>>. Acesso em 25 mar. 2018.

ALEGRÍA, I. et al. Transmission alternatives for offshore electrical power. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 5, p. 1027-1038, 2009.

APP. **Números-chave**. 2018. Disponível em: <<http://aguaspontapreta.cv/datos-relevantes/>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

ARDELEAN, M.; MINNEBO, P. **HVDC Submarine Power Cables in the World: State-of-the-Art Knowledge**. European Commission, Netherlands, 2015.

ARGO. Disponível em: <http://www.argo.ucsd.edu/>>. Acesso em: 6 nov. 2017.

ARQUEONAUTAS WORLDWIDE. Cape Verde. Disponível em: <<http://aww.pt/archaeology/cape-verde/>>. Acesso em 22 ago. 2018.

BALLARD, J. Geology of a stable intraplate region: The Cape Verde/Canary Basin. **Naval Ocean Research and Development Activity**, 1982.

BALOG, G. et al. Vortex induced vibration on submarine cables. **CIGRE Paper B1-208**, p. 1-8, 2006.

BLUME, S. **Electric power system basics: For the nonelectrical professional**. Piscataway: IEEE Press, 2007. 242 p.

CABEÓLICA. **Relatório & Contas 2016**. Cabo Verde, 2017.

CABO VERDE. Ministério do Ambiente, Agricultura e Pescas. Plano de Gestão dos Recursos da Pesca. In: **Segundo Plano de Acção Nacional para o Ambiente – PANA II**, Cabo Verde 2004-2014. Praia, 2004. 216 p.

CABO VERDE. Portaria nº 21/2009, de 8 de junho de 2009. Aprova o Plano de Ordenamento Turístico (POT) da Zona de Desenvolvimento Turístico Integral de Santa Mônica. **Boletim Oficial**, Praia, 8 jun. 2009, Série I, n. 23, p. 356-398.

CABO VERDE. **Intended Nationally Determined Contribution of Cabo Verde**. Praia, 2017.

CARNEIRO, G. "They come, they fish, and they go:" EC fisheries agreements with Cape Verde and São Tomé e Príncipe. **Marine Fisheries Review**, v. 73, n. 4, p. 1-25, 2011.

CROUGH, S. Geoid height anomalies over the Cape Verde Rise. **Marine Geophysical Researches**, v. 5, n. 3, p. 263-271, 1982.

CVTELECOM. CVTelecom leva cabo submarino de fibra óptica a Fogo, Brava e Maio. Disponível em: <<http://www.grupocvt.com.cv/node/183>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

DAY, S.; SILVA, S.; FONSECA, J. A past giant lateral collapse and present-day flank instability of Fogo, Cape Verde Islands. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 9, n. 1-4, p. 191-218, 1999.

ELECTRA NORTE. **Relatório e contas**: Exercício de 2016. Cabo Verde, 2017.

ELECTRA SUL. **Relatório e contas**: Exercício de 2016. Cabo Verde, 2017.

ÉVORA, R.; VERA-CRUZ, M. **Smart grid em Cabo Verde**: Potencial, oportunidades e desafios. In: Cooperação Cabo Verde – Luxemburgo, 2017, Praia, Cabo Verde. Anais eletrônicos... Cabo Verde, 2017. Disponível em <[http://www.ccila-portugal.com/fileadmin/ahk\\_portugal/site\\_upload/RF/Cabo\\_verde\\_2017/posevento/11\\_Vera-Cruz\\_Evora\\_DNEIC\\_LuxDev.pdf](http://www.ccila-portugal.com/fileadmin/ahk_portugal/site_upload/RF/Cabo_verde_2017/posevento/11_Vera-Cruz_Evora_DNEIC_LuxDev.pdf)>. Acesso em: 31/01/2018.

EUA. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Bathymetric data viewer. Disponível em: <<https://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/bathymetry/>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

EUA. National Aeronautics and Space Administration (NASA). State of the ocean. Disponível em: <<https://podaac-tools.jpl.nasa.gov/soto>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

FARIA, B.; FONSECA, J. Investigating volcanic hazard in Cape Verde Islands through geophysical monitoring: Network description and first results. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 14, n. 2, p. 485-499, 2014.

GESTO ENERGIA. **Plano de Investimentos**. 2011.

GHARAVI, Hamid; GHAFURIAN, Reza. Smart grid: The electric energy system of the future. **Proceedings of the IEEE**, New York, v.99, n.6, 2011.

GOMES, N. et al. Tide and tidal currents in the Cape Verde Archipelago. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 15, n. 3, p. 395-408, 2015.

GOOGLE. Earth. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/download/gep/agree.html>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

GREVEMEYER, I. et al. Seismic activity at Cadamosto seamount near Fogo Island, Cape Verde – formation of a new ocean island? **Geophysical Journal International**, v. 180, n. 2, p. 552-558, 2009.

HANSTEEN, T.; KWASNITSCHKA, T.; KLUGEL, A. Cape Verde seamounts – Cruise no. M80/3 - December 29, 2009 – February 1, 2010 - Dakar (Senegal) - Las Palmas de Gran Canaria (Spain). **METEOR-Berichte**, M80/3, 2014

HOLM, P.; An  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  study of the Cape Verde hot spot: Temporal evolution in a semistationary plate environment. **Journal of Geophysical Research**, v. 113, n. B8, 2008.

IFAS (IFAS). **Supporting the Practical Implementation of the: “Cape Verde 100% Renewable**: A roadmap to 2020” Development of Energy Optimization Strategies for Cape Verde. Birkenfeld, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (Cabo Verde). **Anuário estatístico**: Cabo Verde 2016. Praia, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (Cabo Verde). **Produto interno bruto por ilha**: Ano 2016. Informação à comunicação social. Praia, 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DAS PESCAS (Cabo Verde). **Diagnóstico sócio-económico da pesca industrial em Cabo Verde**. Praia, 2012. 93 p.

KARLSDÓTTIR, S. **Experience in transporting energy through subsea power cables: The case of Iceland.** 2013. Master's thesis – Faculty of Industrial Engineering, Mechanical Engineering and Computer Science, University of Iceland, Reykjavik, 2013.

LES BAS, T. et al. Slope failures of the flanks of the southern Cape Verde Islands. In: LYKOUSIS, V.; SAKELLARIOU, D.; LOCAT, J. **Submarine mass movements and their consequences.** Dordrecht: Springer, 2007, p. 337-346.

LOBATO, E.; SIGRIST, L.; ROUCO, L. Value of electric interconnection links in remote island. power systems: The Spanish Canary and Balearic archipelago cases. **Electrical Power and Energy Systems**, v. 91, p. 192-200, 2017.

LODGE, A.; HELFFRICH, G. Depleted swell root beneath the Cape Verde Islands. **Geology**, v. 34, n. 6, p. 449-452, 2006.

LUO, X. *et al.* Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation. **Applied Energy**, Amsterdam, v. 137, p. 511-536, 2015.

MASSON, D. et al. Flank collapse and large-scale landsliding in the Cape Verde Islands, off West Africa. **Geochemistry, Geophysics, Geosystems**, v. 9, n. 7, p. 1-16, 2008.

MCNUTT, M. Thermal and mechanical properties of the Cape Verde Rise. **Journal of Geophysical Research**, v. 93, n. B4, p. 2784-2794, 1988.

MELCHERS, R. Modelling immersion corrosion of structural steels in natural fresh and brackish waters. **Corrosion Science**, v. 48, n. 12, p. 4174-4201, 2006.

MENEZES, G. et al. Structure and zonation of demersal and deep-water fish assemblages off the Cabo Verde archipelago (northeast-Atlantic) as sampled by baited longlines. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 102, p. 118-134, 2015.

MURA, F.; DE DONCKER, R. Design aspects of a medium-voltage direct current (MVDC) grid for a university campus. In: 8th International Conference on Power Electronics - ECCE Asia, 2011, Jeju. **Papers...** Jeju: IEEE, 2011. p. 2359-2366.

NEGRA, N.; TODOROVI, J.; ACKERMANN, T. Loss evaluation of HVAC and HVDC transmission solutions for large offshore wind farms. **Electric Power Systems Research**, v. 76, n. 11, p. 916-927, 2006.

NONNIS, O. et al. The management of information to identify the submarine cable route: the case study of Campania Islands. **Journal of Coastal Research**, v. 75, p. 1002-1007, 2016.

ORTON, H. Power cable technology review. **High Voltage Engineering**, v. 41, n. 4, p. 1057-1067, 2015.

PRYSMIAN. **Power link cable solutions.** Milano: Prysmian Group, 2018. Disponível em

<[https://www.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/PRYSMIAN\\_GROUP\\_PowerLinkCableSolutions\\_Brochure.pdf](https://www.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/PRYSMIAN_GROUP_PowerLinkCableSolutions_Brochure.pdf)>. Acesso em: 5 fev. 2018.

PRYSMIAN. **Extruded cables for HVDC power transmission**. Milano: Prysmian Group, 2018. Disponível em <[https://www.prysmiangroup.com/sites/default/files/business\\_markets/markets/downloads/datasheets/HVDC\\_A4\\_LOW\\_1.pdf](https://www.prysmiangroup.com/sites/default/files/business_markets/markets/downloads/datasheets/HVDC_A4_LOW_1.pdf)>. Acesso em: 5 fev. 2018.

PRYSMIAN. Product technology innovation. Disponível em: <<https://www.prysmiangroup.com/en/products-and-solutions/power-grids/product-technology-innovation>>. Acesso em 25 mar. 2018.

RENDINA, R. et al. The realization and commissioning of the +500 kV 1000MW HVDC link Sardinia Island – Italian Peninsula (SAPEI). **CIGRE Paper B1-101**, p. 1-11, 2012.

RIBEIRO, O. **A ilha do Fogo e as suas erupções**. 2 ed. Lisboa: Junta de Investigações do Ultramar, 1960.

RICTHER, N. et al. Lava flow hazard at Fogo volcano, Cape Verde, before and after the 2014-2015 eruption. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 16, n. 8, p. 1925-1951, 2016.

SCHUMACHER, M. **Seawater corrosion handbook**. New Jersey: Noyes Data Corporation, 1979, p. 494.

SEA2SHORE. Disponível em: <<http://sea2shoreri.com/>>. Acesso em 25 mar. 2018.

SHIMATO, T.; HASHIMOTO, T.; SAMPEI, M. The Kii Channel HVDC Link in Japan. **CIGRE Session 14-106**, 2002.

SIEMENS. **HVDC – high voltage direct current transmission: Unrivalled practical experience**. Erlangen: Siemens AG, 2012.

SKOG, J. et al. NorNed – World’s longest power cable. **CIGRE Paper B1-106**, p. 1-10, 2010.

SPCSR. Disponível em: <<http://www.spcsrp.org/en/cabo-verde>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

TELEGEOGRAPHY. Submarine cable map 2017. Disponível em: <<http://submarine-cable-map-2017.telegeography.com/>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

VELASCO, D.; TRUJILLO, C.; PENA, R. Power transmission in direct current. Future expectations for Colombia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 1, p. 759-765, 2011.

WOO, J.; KIM, D.; NA, W. Damage assessment of a tunnel-type structure to protect submarine power cables during anchor collisions. **Marine Structures**, v. 44, p. 19-42.

WESTERN LINK. News. Disponível em: <<http://www.westernhvdclink.co.uk/news-detail.aspx?newsID=120>>. Acesso em 18 dez. 2018.

WORZYK, T. **Submarine power cables**: design, installation, repair, environmental aspects. Springer, Berlin, 2009.

## 5. SEGURANÇA ENERGÉTICA EM CABO VERDE: PERCEPÇÃO, EVOLUÇÃO E ALTERNATIVAS

### RESUMO

A segurança energética não pode ser compreendida fora de seu contexto histórico e geográfico. Por isso, é preciso entender o que ela significa em Cabo Verde para que se alcance o objetivo deste artigo: avaliar e comparar diferentes alternativas energéticas para Cabo Verde, em função da segurança energética que proporcionam e de seu custo. Utilizando a análise multicritério e o método Delphi, cria-se um índice de segurança energética para Cabo Verde (ISECV). Ele é utilizado para avaliar a segurança energética associada a algumas alternativas energéticas, sendo elas: a interligação elétrica das ilhas do arquipélago por cabos de energia submarinos, ter 50% da geração de eletricidade por meio de fontes renováveis e uma combinação das duas alternativas anteriores. Os custos destas estimativas são estimados por meio de análise documental e de modelo de previsão de custos. Uma análise comparativa indica qual a melhor destas alternativas. É feita ainda uma comparação entre a percepção de Cabo Verde sobre a segurança energética e aquela de outros países que fazem parte dos SIDS (*Small Island Developing States*). Conclui-se que continuar investindo no aumento da penetração de energia renováveis é a melhor alternativa energética para o país, entre aquelas analisadas. Verifica-se um forte alinhamento na forma como a segurança energética é percebida em Cabo Verde e em outros SIDS.

Palavras-chave: segurança energética, análise multicritério, método Delphi, SIDS, Cabo Verde.

### ABSTRACT

Energy security cannot be understood outside its historical and geographical context. This means that, Therefore, it is necessary to understand what it means in Cape Verde in order to achieve the objective of this paper: to evaluate and compare different energy alternatives for Cape Verde, on the basis of the energy security they provide and their cost. Using multi-criteria analysis and the Delphi method, an index to assess energy security in Cape Verde (ISECV) is created. It is used to assess the energy security associated with some energy alternatives, which are: the electrical interconnection of the islands of the archipelago by submarine power cables; having 50% of the electricity being generated by renewable energy sources; and a combination of the two previous alternatives. The costs of these alternatives are estimated through documentary analysis and cost prediction model. A comparative analysis indicates the best of these alternatives. The perception of energy security in Cape Verde and in other countries of the SIDS (Small Island Developing States) is also compared. It is concluded that the best energy alternative for the country's future, among those assed, is to continue investing in increasing the penetration of renewable energy. There is strong alignment in how energy security is perceived in Cape Verde and other SIDS.

Key words: energy security, multi-criteria analysis, Delphi method, SIDS, Cape Verde.

## 5.1. Introdução

A preocupação dos seres humanos com a segurança de fontes energéticas remonta a milhares de anos, quando o homem descobriu o fogo. Neste momento, garantir um combustível para o fogo, como madeira ou capim, era algo fundamental. A noção moderna sobre a segurança energética surgiu no século XIX, quando a utilização do carvão em máquinas de guerra deu a este combustível um valor estratégico. Posteriormente, a decisão de Winston Churchill de mudar a fonte de energia dos navios da marinha britânica do carvão, proveniente do País de Gales, para o petróleo, que vinha da Pérsia, transformou a segurança energética numa questão de segurança nacional (VALENTINE, 2011; AZZUNI; BREYER, 2018; SOVACCOL; BROWN, 2010; YERGIN, 2006).

O estudo da segurança energética só passou a ter destaque a partir da década de 1970, especialmente após as crises do petróleo. Desde então, diversos autores vêm dando definições para este conceito. Alguns incorporaram várias dimensões à segurança energética, tentando torná-la tão abrangente que pudesse ser aplicada em qualquer contexto (APERC, 2007; KRUYT, 2009; VIVODA et al., 2011; VON HIPPEL et al., 2010; SOVACCOOL; MUKHERJEE, 2011). Outros buscaram alcançar a universalização do conceito por meio de sua simplificação. Eles afirmam que somente simplificando o que é segurança energética seria possível comparar países e regiões em diferentes contextos (CHERP; JEWELL, 2014; KANCHANA; UNESAKI, 2015; CEHULIC et al., 2013). Há ainda autores que entendem que a segurança energética não pode ser compreendida fora do contexto histórico e geográfico em que está inserida. Para eles, a percepção da segurança energética é diferente para atores distintos. Segundo estes autores, não há apenas uma concepção correta da segurança energética, mas sim várias. Na verdade, esta concepção depende das diferentes perspectivas e narrativas (KNOX-HAYES et al., 2013; CHERP; JEWELL, 2011; YERGIN, 2006; DANNREUTHER, 2017).

O objetivo do artigo é avaliar e comparar diferentes alternativas energéticas para Cabo Verde, em função da segurança energética que proporcionam e de seu custo. As percepções dos atores chave do setor de energia cabo-verdiano sobre a segurança energética são utilizadas para identificar as principais dimensões deste conceito no país. Estas percepções são também a base para a criação de um índice de segurança energética para Cabo Verde (ISECV), capaz de medir a segurança energética no país



sem ignorar as nuances cabo-verdianas, tanto no que diz respeito ao setor energético propriamente dito, quanto às questões políticas, econômicas e ambientais.

Utiliza-se o ISECV para analisar a evolução da segurança energética no arquipélago ao longo da década de 2010, avaliando suas principais variações, bem como as razões destas variações. Analisam-se, ainda, algumas alternativas energéticas para o país, ou seja, estratégias que poderiam ser adotadas por Cabo Verde para aumentar sua segurança energética. Estas alternativas são comparadas tanto com relação ao ISECV, como em relação aos seus custos, que são também estimados.

O artigo apresenta uma quádrupla contribuição. Primeiro, fornece uma ferramenta para avaliar e comparar diferentes alternativas energéticas para o Cabo Verde. Segundo, permite compreender a percepção que Cabo Verde tem sobre a segurança energética e suas principais dimensões. Terceiro, ao fazer uma comparação entre o entendimento de Cabo Verde sobre a segurança energética com aquele de outros países que fazem parte dos SIDS (*Small Island Developing States*), possibilita entender se este grupo de países realmente percebe a segurança energética da mesma forma ou não. Quarto, apresenta novos argumentos para o debate sobre o que é a segurança energética, visto que não há estudos sobre a segurança energética em Cabo Verde, bem como poucos estudos sobre a segurança energética nos SIDS.

## **5.2. Método**

O ISECV, que permite avaliar a segurança energética proporcionada por cada alternativa energética, foi construído por meio de uma análise multicritério. Os critérios adotados foram dimensões da segurança energética e os pesos foram definidos por meio do método Deplhi. Além de comparar diferentes alternativas energéticas, o índice permite também avaliar a evolução da segurança energética ao longo dos anos. Os custos das alternativas energéticas foram estimados por meio de análise documental e de modelo de previsão de custos. Ao final, foi feita uma análise comparativa para identificar a melhor alternativa.

### **5.2.1. Índice de segurança energética para Cabo Verde (ISECV)**

Para avaliar a segurança energética em Cabo Verde, optou-se pela criação de um índice de segurança energética que fosse específico ao contexto político-geográfico e histórico em que o país está inserido. Os critérios adotados são as

dimensões identificadas por Sovacool e Mukherjee (2011) para a segurança energética. Eles utilizaram uma variação do método Delphi com 68 *experts* em segurança energética de 35 países para chegar a um consenso sobre as principais dimensões da segurança energética e quais as melhores métricas para medi-las. O resultado alcançado foi a definição de 5 dimensões principais da segurança energética, divididas em 20 componentes, conforme pode ser visto no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Dimensões e componentes da segurança energética

<b>Dimensão</b>	<b>Componente</b>
1 - Disponibilidade	1.1 - Segurança do fornecimento e da produção
	1.2 - Dependência
	1.3 - Diversificação
2 - Acessibilidade	2.1 - Estabilidade dos preços
	2.2 - Garantia do acesso equitativo aos serviços energéticos
	2.3 - Descentralização
	2.4 - Acessibilidade econômica
3 - Desenvolvimento tecnológico e eficiência	3.1 - Pesquisa e inovação
	3.2 - Segurança e confiabilidade
	3.3 - Resiliência e capacidade adaptativa
	3.4 - Eficiência e intensidade energética
	3.5 - Investimento e emprego
4 - Sustentabilidade ambiental e social	4.1 - Uso da terra
	4.2 - Água
	4.3 - Mudanças climáticas
	4.4 - Poluição
5 - Regulamentação e governança	5.1 - Governança
	5.2 - Comércio e interconectividade regional
	5.3 - Mercados competitivos
	5.4 - Conhecimento e acesso à informação

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Sovacool e Mukherjee (2011)

Os autores não estabeleceram qualquer tipo de prioridade entre as dimensões identificadas. Contudo, entende-se que uma forma de adaptar esta definição generalista de segurança energética para o contexto específico de um país ou região é justamente identificar a ordem de prioridade entre estas dimensões e componentes para este país. Em Cabo Verde, para definir esta ordem, utilizou-se o método Delphi com atores ligados às principais organizações do setor energético. Visto que não foi possível encontrar dados para medir duas das componentes, a “2.3 – Descentralização” e a “4.2 – Água”, elas não foram consideradas na aplicação da Delphi.

Os atores-chave foram identificados a partir do “Relatório Base para Cabo Verde” elaborado pelo Ministério do Turismo, Indústria e Energia de Cabo Verde em parceria com o Centro para as Energias Renováveis e Eficiência Energética da CEDEAO (ECREEE) em 2014, que analisa o setor energético do país. Este documento apresenta os principais dinamizadores do mercado de energia, bem como as organizações mais relevantes para o setor energético cabo-verdiano. No total, foram entrevistados dezesseis atores-chave: quatro funcionários do governo, três pesquisadores de universidades, quatro profissionais de empresas do setor de energia (eletricidade e combustíveis) e cinco pessoas de outras instituições ligadas ao setor de energia, como cooperações internacionais que atuam em Cabo Verde.

O método Delphi foi aplicado em duas fases. Na primeira, foram realizadas entrevistas presenciais com os atores-chave. Durante a entrevista, eles responderam a um questionário, no qual eram solicitados a distribuir 100 pontos entre as cinco dimensões da segurança energética indicadas no Quadro 5.1, devendo dar mais pontos para as dimensões que julgavam mais importantes para garantir a segurança energética no país. Em seguida, eles repetiram este procedimento para as componentes. Para cada dimensão, eles distribuíram outros 100 pontos entre suas componentes. Os resultados obtidos na primeira fase foram compilados, obtendo-se os valores médios da pontuação para cada dimensão e para cada uma de suas componentes.

Na segunda fase, foram enviadas para os participantes suas respostas individuais e a média das respostas dos demais atores. Nesta fase, eles podiam manter sua resposta original ou alterá-la para chegar mais próximo da média. Ao final desta etapa, os resultados foram novamente compilados. Os pontos dados a cada dimensão e componente foram convertidos nos pesos utilizados no ISECV dividindo-se a pontuação recebida por 100. Calculou-se ainda o peso composto de cada componente, por meio da multiplicação do peso da componente pelo peso da dimensão à qual ela corresponde.

Para cada componente da segurança energética, foram selecionados indicadores que pudessem medi-la. Esta escolha foi feita com base em dois fatores: os indicadores propostos por Sovacool e Mukherjee (2011) e a disponibilidade de dados em Cabo Verde para alimentar estes indicadores. Os indicadores escolhidos podem ser vistos no Quadro 5.2.

Quadro 5.2 – Indicadores utilizados no ISECV

<b>Componente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descrição</b>
1.1 - Segurança do fornecimento e da produção	1.1.1 - Autossuficiência	Razão entre a geração de energia elétrica com recursos locais e a geração total de energia elétrica em um determinado ano.
1.2 - Dependência	1.2.1 - Dependência da importação de combustíveis fósseis	Toneladas de combustíveis fósseis importados em um determinado ano.
1.3 - Diversificação	1.3.1 - Diversificação na produção de eletricidade	Índice de Shannon da quantidade de energia elétrica gerada por cada tipo de fonte de energia em um determinado ano.
	1.3.2 - Dispersão geográfica das centrais de geração de energia elétrica	Índice de dispersão geográfica das centrais de geração de energia elétrica em um determinado ano <sup>(1)</sup> .
2.1 - Estabilidade dos preços	2.1.1 - Volatilidade do preço dos combustíveis e da tarifa de eletricidade	Média entre a volatilidade do preço dos combustíveis em um determinado ano e a volatilidade da tarifa de eletricidade neste mesmo ano <sup>(2)</sup> .
2.2 - Garantia do acesso equitativo aos serviços energéticos	2.2.1 - Acesso a eletricidade	Porcentagem da população com acesso a eletricidade em um determinado ano.
2.4 - Acessibilidade econômica	2.4.1 - Relação entre renda e gasto com energia	Razão entre o PIB per capita e a média entre a tarifa de eletricidade em um determinado ano e o preço dos combustíveis neste mesmo ano.
3.1 - Pesquisa e inovação	3.1.1 - Inovação no setor de energia	Valor do pilar de inovação (nº 12) do <i>Global Competitiveness Index</i> do Fórum Econômico Mundial em um determinado ano.
3.2 - Segurança e confiabilidade	3.2.1 - <i>Customer Average Interruption Duration Index</i> (CAIDI)	Razão entre a duração total das interrupções no fornecimento de energia elétrica em determinado um ano e o número de interrupções no fornecimento de energia elétrica neste mesmo ano.
3.3 - Resiliência e capacidade adaptativa	3.3.1 - Margem de capacidade elétrica	Razão entre a potência instalada e a ponta máxima de demanda em um determinado ano.

<b>Componente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descrição</b>
3.4 - Eficiência e intensidade energética	3.4.1 - Intensidade energética da economia	Índice de intensidade energética da economia conforme o <i>Sustainable Energy for All</i> (SE4ALL) em um determinado ano.
3.5 - Investimento e emprego	3.5.1 - Empregos no setor de energia	Porcentagem de empregos no setor de energia em relação ao total de empregos em um determinado ano.
	3.5.2 - Investimento do governo no setor de energia	Investimento em US\$ realizados pelo governo no setor de energia em um determinado ano.
4.1 - Uso da terra	4.1.1 - Uso de lenha <sup>19</sup>	Porcentagem da população que não utilizou lenha para cozinhar em um determinado ano.
4.3 - Mudanças climáticas	4.3.1 - Emissões de GEE pela produção de eletricidade	Toneladas de CO <sub>2</sub> eq emitidas para a produção de eletricidade em um determinado ano.
4.4 - Poluição	4.4.1 - Emissões de gases poluentes pela geração de eletricidade	Toneladas de poluentes emitidas para a produção de eletricidade em um determinado ano.
5.1 - Governança	5.1.1 - Governança do setor de energia	Média dos <i>Worldwide Governance Indicators</i> do Banco Mundial em um determinado ano.
5.2 - Comércio e interconectividade regional	5.2.1 - Diversificação de país parceiro para importação de combustíveis fósseis	Índice de Shannon da quantidade de combustíveis fósseis importados de cada parceiro comercial em um determinado ano.
5.3 - Mercados competitivos	5.3.1 - Diversificação de empresas de eletricidade	Índice de Shannon da quantidade de energia elétrica gerada por cada empresa em um determinado ano.
5.4 - Conhecimento e acesso à informação	5.4.1 - Divulgação de balanços das empresas de eletricidade e de combustíveis	Porcentagem de empresas de eletricidade e de combustíveis que divulgaram balanços anuais sobre energia em um determinado ano.

(1) Calculado adaptando-se o método proposto por O'Leary e Cumming (2007) para calcular a dispersão espacial;

(2) Calculado conforme indicado em [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/volatility\\_methodology.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/volatility_methodology.pdf).

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Sovacool e Mukherjee (2011).

<sup>19</sup> O uso de lenha em Cabo Verde tem uma relação direta com o desmatamento no país (CABO VERDE, 2004).

Os dados para alimentar os indicadores foram coletados em documentos do governo de Cabo Verde, relatórios das empresas de energia e de combustíveis e documentos de organizações internacionais, como o Banco Mundial e o Fórum Econômico Mundial. Só foram obtidos dados confiáveis para todas as dimensões para o período de 2011 a 2017. Com estes dados, calculou-se o valor de cada indicador para cada ano neste mesmo período. Também foi calculado o valor dos indicadores para três alternativas energéticas para o país: (i) ilhas de Cabo Verde interligadas eletricamente, conforme a viabilidade apontada na seção 4<sup>20</sup>, alternativa chamada de INTERLIG; (ii) Cabo Verde com 50% da geração de eletricidade por meio de fontes renováveis em 2016, conforme o “Plano Energético Renovável de Cabo Verde”<sup>21</sup> feito pela Gesto Energia (2011), a pedido da Direção Geral de Energia de Cabo Verde. Esta alternativa foi chamada de 50%REN; (iii) ilhas de Cabo Verde interligadas eletricamente e com 50% da geração de eletricidade por meio de fontes renováveis em 2016, chamada de INTERLIG50%REN.

O ano de 2016 foi escolhido como base para as simulações das alternativas energéticas, pois alguns dados ainda não estão disponíveis para o ano de 2017, notadamente aqueles relacionados à importação de combustíveis fósseis e a investimentos do governo no setor de energia. Ressalta-se que o índice calculado para o ano de 2017 considera alguns valores que foram estimados com base em uma projeção linear. Contudo, os dados estavam indisponíveis para apenas quatro dos vinte indicadores utilizados.

Para que fosse possível somar os diferentes indicadores no ISECV, foi necessário normalizar os valores destes indicadores. Isso foi feito considerando os resultados obtidos para os indicadores no período de 2011 a 2017. Para os indicadores 1.2.1, 2.1.1, 3.2.1, 3.4.1, 4.3.1 e 4.4.1, a normalização foi feita utilizando o inverso do valor obtido, ou seja,  $1/(\text{valor})$ , visto que, nestes casos, quanto maior o valor, menor a segurança energética.

A fórmula de cálculo do Índice de Segurança Energética para Cabo Verde (ISECV) pode ser vista na equação (1).

---

<sup>20</sup> São viáveis as seguintes interligações: (i) entre as ilhas de Brava e Fogo; (ii) entre as ilhas de Santiago, Maio, Boa Vista e Sal; (iii) entre as ilhas de São Nicolau, São Vicente e Santo Antão.

<sup>21</sup> Considerou-se a instalação dos seguintes parques eólicos (PE) e solares (PS) previstos no plano: PS Porto Novo – 2MW (Santo Antão); PS Salamansa – 1 MW e PE João de Évora – 4,25 MW (São Vicente); PE Pedra Branca – 6,8MW e PE Achada da Mostarda – 18,7 MW (Santiago); PE Serra Negro 6 MW (Sal); PE Cova de Figueira – 1,7 MW (Fogo); PE Falcão – 2,55 MW (Boa Vista).

$$ISECV = \sum_{i=1}^5 \left( d_i \times \sum_{k=1}^K c_{i.k} \times Ind_{i.k} \right) \quad (1)$$

$d_i$  = peso da dimensão  $i$ ;

$c_{i.k}$  = peso da componente  $i.k$ ;

$Ind_{i.k}$  = valor normalizado do indicador da componente  $i.k$ ;

$K$  = número de componentes da dimensão  $i$ .

### 5.2.2. Estimativa dos custos

Além do cálculo da segurança energética, foi estimado o custo de cada uma das alternativas energéticas propostas. Para a alternativa INTERLIG, foi utilizado o modelo de previsão de custos de cabos de energia submarinos desenvolvido por Schell, Claro e Guikema (2017). Os dados utilizados no modelo são apresentados na Tabela 5.1. Os custos de implantação dos parques eólicos e solares para que se tivesse 50% de geração de energia por fontes renováveis em 2016, alternativa 50%REN, foram obtidos no relatório “Plano Energético Renovável Cabo Verde”. O custo da alternativa INTERLIG50%REN foi considerado como a soma dos custos das duas outras alternativas.

Tabela 5.1 – Dados utilizados no modelo de estimativa do custo de implantação dos cabos de energia submarinos

Interligação	Num Cables	Sub Route (km)	Cumul Len (km)	Voltage (kV)	Proj Len (anos)	CuPrice (2012 US\$/ton)	Con Year	AC/DC
Brava - Fogo	1	20	11.144	20	1	4264,87	2016	AC
Santiago - Maio	1	34	11.144	20	1	4264,87	2016	AC
Maio - Boa Vista	1	101	11.144	60	1	4264,87	2016	AC
Boa Vista - Sal	1	88	11.144	60	1	4264,87	2016	AC
São-Nicolau - São Vicente	1	80	11.144	60	1	4264,87	2016	AC
São Vicente - Santo Antão	1	16	11.144	20	1	4264,87	2016	AC

NumCables – Número de cabos; SubRoute – comprimento do cabo submarino; CumulLen – comprimento total de cabos de energia instalados no mundo; Voltage – tensão do cabo; ProjLen – duração estimada do projeto; CuPrice – preço do cobre no mercado internacional; ConYear – Ano de implantação do cabo; AC/DC – corrente de transmissão.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.3. Resultados

#### 5.3.1. Valor do ISECV de 2011 a 2017

O peso obtido para cada dimensão e componente pode ser visto no Quadro 5.3, bem como o peso composto de cada componente. Dentre os 16 participantes da primeira fase da Delphi, 11 participaram também da segunda. A média do desvio padrão das respostas dadas diminuiu de 0,08, na primeira fase, para 0,06, na segunda, mostrando uma convergência das opiniões.

A Tabela 5.2 apresenta os valores obtidos para os diversos indicadores utilizados para o cálculo do ISECV.

Quadro 5.3 – Pesos das componentes e dimensões da segurança energética em Cabo Verde

<b>Dimensão</b>	<b>Peso</b>	<b>Componentes</b>	<b>Peso</b>	<b>Peso composto</b>
1 - Disponibilidade	0,2888	1.1 - Segurança do fornecimento e da produção	0,3538	0,1021
		1.2 - Dependência	0,3288	0,0949
		1.3 - Diversificação	0,3175	0,0917
2 - Acessibilidade	0,1963	2.1 - Estabilidade dos preços	0,3512	0,0689
		2.2 - Garantia do acesso equitativo aos serviços energéticos	0,3181	0,0624
		2.4 - Acessibilidade econômica	0,3306	0,0649
3 - Desenvolvimento tecnológico e eficiência	0,1419	3.1 - Pesquisa e inovação	0,1550	0,0220
		3.2 - Segurança e confiabilidade	0,2738	0,0388
		3.3 - Resiliência e capacidade adaptativa	0,1394	0,0198
		3.4 - Eficiência e intensidade energética	0,2606	0,0370
		3.5 - Investimento e emprego	0,1713	0,0243
4 - Sustentabilidade ambiental e social	0,1669	4.1 - Uso da terra	0,2812	0,0469
		4.3 - Mudanças climáticas	0,3994	0,0666
		4.4 - Poluição	0,3194	0,0533
5 - Regulamentação e governança	0,2063	5.1 - Governança	0,4363	0,0900
		5.2 - Comércio e interconectividade regional	0,0938	0,0193
		5.3 - Mercados competitivos	0,2525	0,0521
		5.4 - Conhecimento e acesso à informação	0,2175	0,0449

Fonte: Elaborado pelo autor.



Tabela 5.2 – Valores dos indicadores que compõem o ISECV para os anos de 2011 a 2017

<b>Indicador</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
1.1.1 - Autossuficiência	6,81%	19,04%	21,46%	21,88%	20,00%	18,59%	16,86%
1.2.1 - Dependência da importação de combustíveis fósseis <sup>(1)</sup>	218.599	129.264	175.055	143.073	155.620	161.735	140.168 <sup>(5)</sup>
1.3.1 - Diversificação na produção de eletricidade	0,29	0,55	0,58	0,58	0,55	0,53	0,50
1.3.2 - Dispersão geográfica das centrais de geração de energia elétrica	23,99	19,70	19,81	19,81	7,80	7,97	5,32
2.1.1 - Volatilidade do preço dos combustíveis e da tarifa de eletricidade	6,29%	4,57%	4,07%	0,96%	9,63%	10,16%	3,97%
2.2.1 - Acesso a eletricidade	84,00%	87,20%	88,10%	85,00%	86,90%	90,10%	90,10%
2.4.1 - Relação entre renda e gasto com energia	4620	4266	4515	4691	5749	7249	6534
3.1.1 - Inovação no setor de energia	2,61	2,68	2,83	2,98	3,06	3,11	3,08
3.2.1 - <i>Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)</i>	64,13	47,77	34,60	39,73	30,31	31,43	31,30
3.3.1 - Margem de capacidade elétrica	1,85	2,00	2,12	2,12	2,55	2,27	2,00
3.4.1 - Intensidade energética da economia	3,345	2,84	2,805	2,696	2,773	2,5054 <sup>(5)</sup>	2,3766 <sup>(5)</sup>
3.5.1 - Empregos no setor de energia	0,55%	0,60%	0,70%	0,40%	0,60%	0,70%	0,70%
3.5.2 - Investimento do governo no setor de energia <sup>(2)</sup>	7,4 mi	8,6 mi	9,1 mi	19,8 mi	19,7 mi	10,5 mi	18,4 mi <sup>(5)</sup>
4.1.1 - Uso de lenha	70,7%	69,9%	69,0%	70,0%	72,3%	74,8%	75,4%
4.3.1 - Emissões de GEE pela produção de eletricidade <sup>(3)</sup>	309.333	277.902	285.507	296.231	315.234	334.173	376.521

<b>Indicador</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
4.4.1 - Emissões de gases poluentes pela geração de eletricidade <sup>(4)</sup>	12.931	11.527	11.823	12.269	13.082	13.890	15.668
5.1.1 - Governança do setor de energia	0,55	0,55	0,51	0,46	0,54	0,49	0,52
5.2.1 - Diversificação de país parceiro para importação de combustíveis fósseis	1,31	1,32	0,96	1,04	1,49	2,33	1,98 <sup>(5)</sup>
5.3.1 - Diversificação de empresas de eletricidade	0,43	0,86	0,81	0,89	0,86	0,83	0,86
5.4.1 - Divulgação de balanços das empresas de eletricidade e de combustíveis	35%	35%	45%	45%	45%	45%	45%

(1) em toneladas; (2) em US\$; (3) em toneladas de CO<sub>2</sub>eq; (4) em toneladas; (5) dados obtidos por meio de projeção linear.

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Agência de Regulação Econômica (2018a; b), Cabeólica (2014; 2015; 2016; 2017; 2018), Cabo Verde (2003b; 2003c; 2004b; 2006; 2009a; 2011; 2012; 2013a; 2013q; 2014z; 2014aa; 2014bb; 2014cc; 2015a; 2015c; 2015d; 2015e; 2015f; 2016a; 2016b; 2016c; 2016d; 2017a; 2017b; 2017c; 2018a; 2018b), Electra SARL (2012; 2013; 2014; 2015; 2016), Electra SA (2017; 2018), Enacol (2018), Expresso (2018), Gesto Energia (2011), Instituto Nacional de Estatística (2017; 2018), IPCC (2001), Lopes (2016), Vivo Energy (2018), World Bank (2018b; 2018c) e dados fornecidos pela Direção Nacional de Indústria, Comércio e Energia ao autor em outubro de 2018.

Utilizando os pesos do Quadro 5.3 e os valores dos indicadores da Tabela 5.2, calculou-se o ISECV conforme a equação 1. Destaca-se que, no cálculo do ISECV, o valor da componente 1.3 é dado por 50% do valor normalizado do indicador 1.3.1, mais 50% do valor normalizado de 1.3.2. No caso da componente 3.5, o valor é dado por 50% do valor normalizado do indicador 3.5.1, mais 50% do valor normalizado de 3.5.2. Os valores do ISECV de 2011 a 2017 podem ser vistos na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – ISECV de 2011 a 2017

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
-0,9860	0,1762	0,0902	0,1797	0,2100	0,1731	0,1567

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.3.2. Valor do ISECV para as alternativas energéticas

O ISECV foi calculado também para as alternativas INTERLIG, 50%REN e INTERLIG50%REN. Os valores utilizados para os indicadores podem ser vistos na Tabela 5.4, que apresenta, ainda, o valor do ISECV. Para as três alternativas, têm-se como base os valores dos indicadores no ano de 2016.

No caso da alternativa INTERLIG, considerou-se que ter as ilhas interligadas influenciaria diretamente apenas o valor dos indicadores Dispersão geográfica das centrais de geração de energia elétrica (1.3.2) e Margem de capacidade elétrica (3.3.1), calculado pela margem de capacidade elétrica. Não foram considerados efeitos indiretos que poderiam ser causados pela interligação das ilhas, como a provável diminuição do número de *blackouts*.

Considerou-se que na alternativa 50%REN, as alterações seriam nos indicadores: Autossuficiência (1.1.1), Diversificação na produção de eletricidade (1.3.1), Dispersão geográfica das centrais de geração de energia elétrica (1.3.2), Margem de capacidade elétrica (3.3.1), Emissões de GEE pela produção de eletricidade (4.3.1), Emissões de gases poluentes pela geração de eletricidade (4.4.1) e Diversificação de empresas de eletricidade (5.3.1). Neste último, considerou-se que os novos parques eólicos e solares pertenceriam às empresas que possuíam a maior capacidade instalada de fontes eólicas e solares em 2016, sendo elas a Cabeólica e a Electra, respectivamente.

Na alternativa INTERLIG50%REN, por se tratar de uma combinação das alternativas anteriores, considerou-se que os indicadores cujos valores são alterados são todos aqueles que foram alterados nas duas outras alternativas.

Tabela 5.4 – Valores dos indicadores que compõem o ISECV e ISECV para as alternativas INTERLIG, 50%REN e INTERLIG5%REN

<b>Indicador</b>	<b>INTERLIG</b>	<b>50%REN</b>	<b>INTERLIG50%REN</b>
1.1.1 - Autossuficiência	18,59%	50,10%	50,10%
1.2.1 - Dependência da importação de combustíveis fósseis <sup>(1)</sup>	161.735	131.893	131.893
1.3.1 - Diversificação na produção de eletricidade	0,53	0,79	0,79
1.3.2 - Dispersão geográfica das centrais de geração de energia elétrica	86,21	15,58	164,84
2.1.1 - Volatilidade do preço dos combustíveis e da tarifa de eletricidade	10,16%	10,16%	10,16%
2.2.1 - Acesso a eletricidade	90,10%	90,10%	90,10%
2.4.1 - Relação entre renda e gasto com energia	7249	7249	7249
3.1.1 - Inovação no setor de energia	3,11	3,11	3,11
3.2.1 - <i>Customer Average Interruption Duration Index</i> (CAIDI)	31,43	31,43	31,43
3.3.1 - Margem de capacidade elétrica	6,23	4,67	2,83
3.4.1 - Intensidade energética da economia	2,5054	2,5054	2,5054
3.5.1 - Empregos no setor de energia	0,70%	0,70%	0,70%
3.5.2 - Investimento do governo no setor de energia <sup>(2)</sup>	10,5 mi	10,5 mi	10,5 mi
4.1.1 - Uso de lenha <sup>22</sup>	74,8%	74,8%	74,8%
4.3.1 - Emissões de GEE pela produção de eletricidade <sup>(3)</sup>	334.173	214.069	214.069
4.4.1 - Emissões de gases poluentes pela geração de eletricidade <sup>(4)</sup>	13.890	8.514	8.514
5.1.1 - Governança do setor de energia	0,49	0,49	0,49

<sup>22</sup> O uso de lenha em Cabo Verde tem uma relação direta com o desmatamento no país (CABO VERDE, 2004).

<b>Indicador</b>	<b>INTERLIG</b>	<b>50%REN</b>	<b>INTERLIG50%REN</b>
5.2.1 - Diversificação de país parceiro para importação de combustíveis fósseis	2,33	2,33	2,33
5.3.1 - Diversificação de empresas de eletricidade	0,98	0,83	0,98
5.4.1 - Divulgação de balanços das empresas de eletricidade e de combustíveis	45%	45%	45%
<b>ISECV</b>	<b>0,9108</b>	<b>1,9772</b>	<b>3,2734</b>

(1) em toneladas; (2) em US\$; (3) em toneladas de CO<sub>2</sub>eq; (4) em toneladas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.3.3. Estimativa dos custos

Estimou-se para a alternativa INTERLIG um custo total de aproximadamente US\$ 1.267,36 milhões. A Tabela 5.5 apresenta os custos estimados para cada uma das interligações possíveis. No caso da alternativa 50%REN o valor total seria de aproximadamente US\$ 130,72 milhões. Logo, o valor da terceira alternativa energética proposta é de US\$ 1.397,95 milhões.

Destaca-se que o custo de implantação dos cabos de energia submarinos poderia ser bem menor ao se optar pela utilização da transmissão de energia em corrente contínua. Neste caso, o custo estimado seria de aproximadamente US\$ 645 milhões. Contudo, visto que Cabo Verde não possui qualquer sistema de transmissão de energia em corrente contínua, existiriam diversos outros custos associados com a implantação desta infraestrutura, como a instalação de retificadores e inversores. Deste modo, optou-se por considerar neste artigo a utilização de cabos de energia submarinos compatíveis com os sistemas elétricos existentes nas ilhas do país: transmissão de energia elétrica em corrente alternada e em tensão de 20 ou 60 kV.

Tabela 5.5 – Custo estimado da interligação das ilhas de Cabo Verde com cabos de energia submarinos

<b>Interligação</b>	<b>Custo estimado (US\$)</b>
Brava - Fogo	50.937.970,33
Santiago - Maio	151.134.272,17
Maio - Boa Vista	359.444.959,07
Boa Vista - Sal	339.981.043,39
São-Nicolau - São Vicente	328.530.882,44
São Vicente - Santo Antão	37.332.888,27
<b>Total</b>	<b>1.267.361.855,58</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.4. Análise

A seguir, será analisado primeiramente o ISECV enquanto instrumento de medição da segurança energética em Cabo Verde e, depois, os resultados obtidos com a utilização deste indicador. Serão avaliadas também as dimensões da segurança energética consideradas prioritárias pelos atores do setor de energia do país, em comparação com outros países insulares.

#### **5.4.1. ISECV**

O índice construído, ISECV, mostrou ser mais adequado para medir a segurança energética em Cabo Verde que os índices propostos na literatura. Ele foi capaz de captar os principais desafios do setor de energia cabo-verdiano, dando a eles destaque na medição. Índices que dessem o mesmo peso a todas as dimensões da segurança energética não seriam capazes de identificar a necessidade que o país tem em reduzir sua dependência nas exportações ou em melhorar a governança do setor energético e, por isso, são incapazes de avaliar corretamente estratégias para melhorar a segurança energética em Cabo Verde. O ISECV, por outro lado, mensura as alternativas energéticas de acordo com as necessidades do país, permitindo avaliar quais são aquelas que trarão o maior aumento para a segurança energética do país.

O ISECV aplica-se à realidade atual de Cabo Verde, uma vez que considera as necessidades energéticas do momento em que seus pesos foram definidos. Sua utilização se restringe a análises de estratégias a serem implantadas no curto e médio prazos ou que avaliem o passado recente. Visto que o contexto energético do país muda ao longo do tempo, para utilizar o ISECV no futuro, é importante calibrar seus pesos. Isso pode ser feito repetindo-se o método apresentado neste artigo ou mesmo utilizando-se outros métodos para captar a percepção da segurança energética no país. O ISECV pode ser também aperfeiçoado por meio da ampliação do número de pessoas consideradas na definição dos pesos utilizados ou por meio da atualização das dimensões da segurança energética que são usadas no índice. É interessante também melhorar as bases de dados utilizadas para alimentar os indicadores que compõem o ISECV, visto que algumas das dimensões não foram consideradas no índice pela falta de dados confiáveis para mensurá-las

#### **5.4.2. Evolução da segurança energética em Cabo Verde**

A segurança energética em Cabo Verde aumentou de forma mais expressiva de 2011 para 2012, quando o ISECV passou de -0,9860 para 0,1762. Essa melhora se deve à entrada em operação dos parques eólicos da empresa Cabeólica, nas ilhas de Boa Vista, Sal, Santiago e São Vicente, em 2012. Deste modo, a geração de eletricidade por fontes renováveis que, em 2011, respondeu por apenas 6,81% do total, passou a responder por 19,04%, em 2012, alcançando seu máximo em 2014, quando 21,88% da energia do país foi gerada por fontes renováveis.

Este aumento das fontes renováveis impactou diretamente a dependência energética, a diversificação das fontes de energia, as emissões de GEE e de poluentes e a diversificação das empresas geradoras de energia. Antes da entrada da Cabeólica no mercado cabo-verdiano de eletricidade, a empresa estatal Electra gerava quase toda a energia elétrica do país. A participação da Electra no mercado de eletricidade, que era de 89,1%, em 2011, caiu para 72,6%, em 2012.

Entre 2012 e 2017, o ISECV se manteve relativamente estável, com um valor mínimo de 0,0902, em 2013, e máximo de 0,2100, em 2015. As variações observadas não se devem a um fator específico, mostrando tratar-se de questões sazonais do setor de energia cabo-verdiano e não de questões estruturantes, como foi o investimento feito na energia eólica no início da década de 2010.

#### **5.4.3. Alternativas energéticas para Cabo Verde**

Constata-se que todas as alternativas avaliadas aumentariam significativamente a segurança energética no país. Como esperado, a alternativa INTERLIG50%REN é aquela que possui o maior valor do ISECV, 3,2734, beneficiando-se das vantagens de interligar as ilhas e de ter uma maior participação de renováveis na matriz energética.

Analisando as outras duas alternativas, verifica-se que a opção 50%REN é mais vantajosa que a INTERLIG tanto do ponto de vista da segurança energética, quanto do econômico. Conseguir gerar 50% da energia elétrica do país a partir de fontes renováveis, implicaria em um ISECV de 1,9772, e o custo estimado para implantar as infraestruturas necessárias para isso seria de US\$ 130,72 milhões. Interligar as ilhas de Cabo Verde com cabos de energia submarinos, por outro lado, resultaria em um ISECV menor, de 0,9108, sendo o custo estimado para implantar esta alternativa de US\$ 1.267,23 milhões.

Destaca-se que, no caso da alternativa INTERLIG, o aumento da segurança energética deve ser maior do que o apresentado neste estudo, visto que foi considerado, no cálculo do ISECV, apenas os efeitos diretos. Há vários efeitos indiretos que podem decorrer da interligação das ilhas. Por exemplo, a integração energética das ilhas possibilitaria uma maior penetração de energia renováveis na matriz energética cabo-verdiana, ao permitir mitigar parte dos efeitos da intermitência destas fontes. Isso indica que as alternativas INTELIG e 50%REN apresentam certa complementaridade entre si, o que justifica considera-las de forma conjunta, como feito na alternativa INTELIG50%REN.



Por fim, destaca-se que existem diversas outras alternativas energéticas que não foram analisadas, mas que podem trazer maior segurança energética a Cabo Verde. Uma destas alternativas fica evidente quando se olha para os pesos obtidos para as diversas dimensões da segurança energética, que é investir na modernização da governança do setor energético. Apontada por muitos dos entrevistados como uma das grandes necessidades atuais de Cabo Verde, melhorar a governança do setor energético provavelmente terá um custo menor do que as demais alternativas analisadas. Acredita-se que não haveria investimentos relevantes em infraestrutura, mas sim investimentos na capacitação dos profissionais que atuam nesta área, o que seria muito mais barato. Considerando o ano de 2016 como base, alcançar um nível de governança equivalente ao de países insulares desenvolvidos, como Japão e Nova Zelândia, resultaria em um ISECV de aproximadamente 1,5124.

#### **5.4.4. Dimensões da segurança energética em Cabo Verde**

Os pesos obtidos na Delphi mostram que a dimensão da segurança energética mais importante para Cabo Verde é a disponibilidade de energia. Tanto os pesos dados para as componentes desta dimensão, quanto o que foi dito pelos entrevistados, mostram uma grande preocupação em reduzir a dependência das importações de combustíveis fósseis. Esta redução mostra também, no caso de Cabo Verde, uma grande correlação com a diversificação das fontes de energia, uma vez que a principal forma para diversificar é utilizar energias renováveis, o que, conseqüentemente, diminui a dependência energética.

Embora a dimensão regulamentação e governança tenha tido apenas o terceiro maior peso entre as cinco dimensões, sua componente governança obteve o terceiro maior peso composto entre todas as 18 componentes avaliadas. Isto mostra que melhorar a governança do setor de energia em Cabo Verde é fundamental para aumentar a segurança energética do país.

Outra dimensão com grande peso foi a acessibilidade. A distribuição praticamente igual dos pesos para as componentes desta dimensão, indicam que tanto garantir o acesso físico à energia, quanto garantir o acesso econômico são importantes em Cabo Verde. O país evoluiu na questão do acesso físico na década de 2010, pois a parcela da população que tem acesso à energia elétrica aumentou de 84%, em 2011, para 90,1%, em 2017. Este valor está acima da média mundial, que é de 87,3%. Com relação ao acesso econômico, percebe-se que, apesar dos avanços

nos últimos anos, tanto o preço dos combustíveis, quanto a tarifa de eletricidade estão acima da média mundial, sendo que a eletricidade está entre as mais caras do mundo. Isso se deve principalmente à forte participação dos combustíveis fósseis, principalmente gasolina e diesel, na matriz energética cabo-verdiana. Estes combustíveis apresentam um custo muito maior do que energias renováveis, como a hídrica e a eólica e do que outros combustíveis fósseis, como o gás natural. Além disso, a necessidade de importar 100% destes combustíveis também contribui para encarecer seu preço (INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, 2018; WORLD BANK, 2018b; EUROSTAT, 2018; AGÊNCIA DE REGULAÇÃO ECONÔMICA, 2018a; IEA, 2018; ARLET, 2017; AGÊNCIA DE REGULAÇÃO ECONÔMICA, 2018b).

Os resultados obtidos mostram grande alinhamento com aqueles apresentados por Raghoo et al. (2018), que pesquisaram quais seriam as dimensões da segurança energética mais importantes em países insulares africanos e do Pacífico que fazem parte dos SIDS, assim como Cabo Verde. Eles também identificaram a dependência como a dimensão mais importante, seguida da acessibilidade econômica. Além disso, tanto em Cabo Verde, quanto nos países pesquisados por Raghoo et al., a dimensão de desenvolvimento tecnológico e eficiência foi considerada a menos importante. Contudo, há diferenças: em Cabo Verde, a governança é considerada mais importante que a questão ambiental (com foco nas mudanças climáticas), enquanto Raghoo et al. identificaram o contrário em outros SIDS.

Apesar do alinhamento com outros SIDS, verifica-se que a percepção que Cabo Verde tem sobre a segurança energética é bem diferente daquela de países insulares desenvolvidos. Li, Shi e Yao (2016) estudaram a segurança energética em países insulares desenvolvidos pobres em recursos naturais, como o Japão. Eles identificaram que as principais dimensões da segurança energética nestes países são a vulnerabilidade (associada à dependência da importação de combustíveis fósseis), a eficiência e a sustentabilidade. Nota-se que, à exceção da dependência, as dimensões valorizadas pelos países desenvolvidos são muito diferentes de Cabo Verde. A eficiência aparece como a segunda dimensão mais relevante para estes países, enquanto em Cabo Verde ela é considerada a menos importante. Isso indica que o contexto socioeconômico de um país tem influência sobre seu entendimento sobre a segurança energética.

## 5.5. Conclusão

O índice de segurança energética para Cabo Verde (ISECV) proposto neste artigo foi capaz de captar as nuances do setor energético do país, mensurando a segurança energética de acordo com elas. Por isso, o ISECV se mostrou mais adequado que índices genéricos propostos na literatura. Destaca-se que o ISECV se aplica à situação atual do país. No futuro, sua aplicação dependerá de uma calibragem dos pesos utilizados, o que pode ser feito repetindo-se os métodos apresentados no artigo. O ISECV pode ser aperfeiçoado ampliando-se o número de atores-chave entrevistados e/ou melhorando as bases de dados para alimentar os indicadores que o compõem, visto que algumas dimensões da segurança energética não foram incorporadas ao índice pela falta de dados confiáveis para mensurá-las.

Dentre as alternativas energéticas analisadas, o investimento em novas fontes de energia renovável se mostra mais interessante que a interligação elétrica das ilhas do arquipélago, tanto na questão da segurança energética, quanto na econômica. Investir na modernização da governança do setor energético também se mostra como uma boa alternativa para aumentar a segurança energética do país.

A percepção de Cabo Verde sobre a segurança energética é realmente única. Apesar desta percepção mostrar um forte alinhamento com a de outros SIDS, ela se distingue em alguns pontos. As diferenças são ainda mais acentuadas quando se compara a percepção de Cabo Verde com aquela de países insulares desenvolvidos. O destaque dado à dimensão da disponibilidade, notadamente à sua componente da dependência energética, mostra que este é o principal desafio do país para garantir uma maior segurança energética. As políticas de investimentos em fontes renováveis passam a ser ainda mais relevantes que em outros países, pois não estão relacionadas apenas a questões ambientais ou econômicas, mas sim a questões estratégicas para o país. É por isso que o maior aumento na segurança energética em Cabo Verde, na década de 2010, ocorreu justamente quando o país fez um grande investimento na energia eólica.

## 5.6. Referências

AGÊNCIA DE REGULAÇÃO ECONÔMICA. **Tarifas de eletricidade ELECTRA e AEB**. 2018. Disponível em [http://www.are.cv/images/stories/combustiveis/tabela\\_1\\_e\\_3\\_tarifas\\_de\\_electricidad\\_e\\_electra\\_e\\_aeb.pdf](http://www.are.cv/images/stories/combustiveis/tabela_1_e_3_tarifas_de_electricidad_e_electra_e_aeb.pdf). Acesso em 05/09/2018.

AGÊNCIA DE REGULAÇÃO ECONÔMICA. **Tarifas/Preço dos combustíveis**. 2018. Disponível em [http://www.ave.cv/index.php?option=com\\_content&task=view&id=96&Itemid=90](http://www.ave.cv/index.php?option=com_content&task=view&id=96&Itemid=90). Acesso em 05/09/2018.

APEREC. **A quest for energy security in the 21st century: Resources and constraints**. Tokyo: APEREC, 2007.

ARLET, J. **Electricity, tariffs, power outages and firm performance: A comparative analysis**. World Bank, 2017.

AZZUNI, A.; BREYER, C. Definitions and dimensions of energy security: A literature review. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment**, v. 7, n. 1, p. 1-34, 2018.

CABEÓLICA. **Factbook 2013**. Cabo Verde, 2014.

CABEÓLICA. **Relatório & Contas 2014**. Cabo Verde, 2015.

CABEÓLICA. **Relatório & Contas 2015**. Cabo Verde, 2016.

CABEÓLICA. **Relatório & Contas 2016**. Cabo Verde, 2017.

CABEÓLICA. **Relatório & Contas 2017**. Cabo Verde, 2018.

CABEÓLICA. **Sobre Nós**. 2018. Disponível em <http://www.cabeolica.com/site1/sobre-nos/a-nossa-historia/>. Acesso em 16/09/2018.

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 15/2003 de 19 de maio de 2003. Aprova a Orgânica do Ministério da Economia, Crescimento e Competitividade. **Boletim Oficial**, Praia, 19 mai. 2003, I Série, n. 15, p. 198-212.

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 27/2003 de 25 de agosto de 2003. Aprova os Estatutos da Agência de Regulação Económica - ARE. **Boletim Oficial**, Praia, 25 ago. 2003, I Série, n. 27, p. 419-429.

CABO VERDE. Ministério do Ambiente, Agricultura e Pescas. **Segundo Plano de Acção Nacional para o Ambiente**: Documento síntese. Praia, 2004.

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 32/2006 de 19 de junho de 2006. Altera o Decreto-Lei nº 25/2003, de 25 de Agosto e o Decreto-Lei nº 27/2003, de 25 de Agosto. **Boletim Oficial**, Praia, 19 jun. 2006, I Série, n. 17, p. 452-453.

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 57/2009 de 14 de dezembro de 2009. Aprova a nova Estrutura Orgânica do Ministério da Economia, Crescimento e Competitividade, adiante designado por (MECC). **Boletim Oficial**, Praia, 14 dez. 2009, I Série, n. 47, p. 1030-1044.

CABO VERDE. Lei nº 10/VIII/2011 de 30 de dezembro de 2011. Aprova o orçamento do Estado para o ano económico de 2012. **Boletim Oficial**, Praia, 30 dez. 2011, I Série, n. 42, p. 2-137.

CABO VERDE. Lei nº 23/VIII/2012 de 31 de dezembro de 2012. Aprova o orçamento do Estado para o ano de 2013. **Boletim Oficial**, Praia, 31 dez. 2012, I Série, n. 71, p. 2-135.

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 23/2013 de 19 de junho de 2013. Estabelece a estrutura, a organização e as normas de funcionamento do Ministério do Turismo, Indústria e Energia, adiante designado por MTIE. **Boletim Oficial**, Praia, 19 jun. 2013, I Série, n. 32, p. 799-812.

CABO VERDE. Lei nº 52/VIII/2013 de 30 de dezembro de 2013. Aprova o orçamento do Estado para o ano económico de 2014. **Boletim Oficial**, Praia, 30 dez. 2013, I Série, n. 72, p. 2-139.

CABO VERDE. Ministério do Turismo, Investimentos e Desenvolvimento Empresarial. **Relatório de Base para Cabo Verde inserido no Processo e Estratégia da CEDEAO para o Desenvolvimento da Agenda de Ação de Energia Sustentável para Todos (SE4ALL), dos Planos de Ação Nacionais de Energias Renováveis (PANER) e dos Planos de Ação Nacionais de Eficiência Energética (PANEE) nos países membros da CEDEAO.** Cabo Verde, 2014.

CABO VERDE. Lei nº 77/VIII/2014 de 31 de dezembro de 2014. Aprova o orçamento do Estado para o ano económico de 2015. **Boletim Oficial**, Praia, 31 dez. 2014, I Série, n. 81, p. 2-155.

CABO VERDE. Ministério das Finanças e do Planeamento. **Conta Geral do Estado 2012.** Praia, 2014.

CABO VERDE. Ministério da Saúde. **Plano Multisectorial de Prevenção de Doenças Não Transmissíveis de Cabo-Verde.** Praia, 2014.

CABO VERDE. Ministério das Finanças e do Planeamento. **Conta Geral do Estado 2013.** Praia, 2015.

CABO VERDE. Ministério das Finanças e do Planeamento. **Conta Geral do Estado 2014.** Praia, 2015.

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 62/2015 de 5 de novembro de 2015. Estabelece a estrutura, a organização e as normas de funcionamento do Ministério do Turismo, Investimentos e Desenvolvimento Empresarial. **Boletim Oficial**, Praia, 5 nov. 2015, I Série, n. 68, p. 2155-2171.

CABO VERDE. Ministério do Turismo, Investimentos e Desenvolvimento Empresarial. **Agenda de acção para a energia sustentável para todos.** Praia, 2015

CABO VERDE. Resolução nº 10/2015 de 20 de fevereiro de 2015. Aprova o Plano Nacional de Água e Saneamento (PLENAS). **Boletim Oficial**, Praia, 20 fev. 2015, I Série, n. 13, p. 476-508.

CABO VERDE. Ministério das Finanças. **Conta Geral do Estado 2015.** Praia, 2016.

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 65/2016 de 28 de dezembro de 2016. Aprova a Orgânica do Ministério da Economia e Emprego. **Boletim Oficial**, Praia, 28 dez. 2016, I Série, n. 72, p. 2217-2234.

CABO VERDE. Lei nº 2/IX/2016 de 11 de agosto de 2016. Aprova o orçamento do Estado para o ano económico de 2016. **Boletim Oficial**, Praia, 11 ago. 2016, I Série, n. 45, p. 1508-1647.

CABO VERDE. Lei nº 5/IX/2016 de 30 de dezembro de 2016. Aprova o orçamento do Estado para o ano económico de 2017. **Boletim Oficial**, Praia, 30 dez. 2016, I Série, n. 73, p. 2270-2486.

CABO VERDE. Ministério das Finanças. **Conta Geral do Estado 2016**. Praia, 2017.

CABO VERDE. **Plano estratégico de desenvolvimento sustentável: 2017/2021**. Praia, 2017.

CABO VERDE. **Intended nationally determined contribution of Cabo Verde**. Cabo Verde, 2017. Disponível em [http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Cabo%20Verde%20First/Cabo\\_Verde\\_INDC\\_.pdf](http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Cabo%20Verde%20First/Cabo_Verde_INDC_.pdf). Acesso em 02/04/2018

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 17/2018 de 6 de abril de 2018. Estabelece a estrutura, organização e funcionamento do Ministério da Indústria, Comércio e Energia. **Boletim Oficial**, Praia, 6 abr. 2018, I Série, n. 20, p. 468-476.

CEHULIC, L. et al. Energy security in South East Europe. In: CROSS, S.; KENTERA, S.; NATION, R.; VUKADINOVIC, R. **Shaping South East Europe's security community for the twenty-first century: Trust, Partnership, Integration**. Hampshire: Macmillan Publishes Limited, 2013.

CHERP, A.; JEWELL, J. The three perspectives on energy security: Intellectual history, disciplinary roots and the potential for integration. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 3, n. 4, p. 202-212, 2011.

CHERP, A.; JEWELL, J. The concept of energy security: Beyond the four As. **Energy Policy**, v. 75, p. 415-421, 2014.

DANNREUTHER, R. **Energy security**. Polity Press: Cambridge, 2017.

ELECTRA SARL. **Relatório e contas**: Exercício de 2011. Cabo Verde, 2012.

ELECTRA SARL. **Relatório e contas**: Exercício de 2012. Cabo Verde, 2013.

ELECTRA SARL. **Relatório e contas**: Exercício de 2013. Cabo Verde, 2014.

ELECTRA SARL. **Relatório e contas**: Exercício de 2014. Cabo Verde, 2015.

ELECTRA SARL. **Relatório e contas**: Exercício de 2015. Cabo Verde, 2016.

ELECTRA SA. **Relatório e contas**: Exercício de 2016. Cabo Verde, 2017.

ELECTRA SA. **Relatório e contas**: Exercício de 2017. Cabo Verde, 2018.

ENACOL. **História**. 2018. Disponível em <http://www.enacol.cv/index.php?mod=empresa&menu=9>. Acesso em 17/09/2018.

EUROSTAT. **Electricity prices for household consumers**. 2018. Disponível em <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>. Acesso em 05/09/2018.

EXPRESSO. **Regulação do setor de combustíveis em Cabo Verde**. n. 566, 2012. Disponível em [http://www.ere.cv/index2.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=437&Itemid=42](http://www.ere.cv/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=437&Itemid=42). Acesso em 17/09/2018.

GESTO ENERGIA. **Plano energético renovável Cabo Verde**. 2011.

IEA. **World energy prices: An overview**. Paris, 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. **Estatísticas do comércio externo 2016**. Praia, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. **Estatísticas das famílias e condições de vida: Inquérito multi-objectivo contínuo 2017**. Praia, 2018.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories**. 2001. Disponível em <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>. Acesso em 15/09/2017.

KANCHANA, K.; UNESAKI, H. Assessing energy security using indicator-based analysis: The case of ASEAN member countries. **Social Sciences**, v.4, n.4, p. 1269-1315, 2015.

KNOX-HAYES, J. et al. Understanding attitudes toward energy security: Results of a cross-national survey. **Global Environmental Change**, v. 23, n. 3, p. 609-622, 2013.

KRUYT, B. et al. Indicators for energy security. **Energy Policy**, v. 37, p.2166-2181, 2009.

LI, Y.; SHI, X.; YAO, L. Evaluating energy security of resource-poor economies: A modified principle component analysis approach. **Energy Economics**, v. 58, p. 211-221, 2016.

LOPES, A. **Planeamento elétrico para Cabo Verde**. 2016. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2016.

O'LEARY, M.; CUMMINGS, J. The spatial, temporal, and configurational characteristics of geographic dispersion in teams. **MIS Quarterly**, vol. 31, n. 3, p. 433-452, 2007. SEGURADO, R. et al. Integrated analysis of energy and water supply in islands. Case study of S. Vicente, Cape Verde. **Energy**, v. 92, p. 639-648, 2015.

RAGHOO, P. et al. Dimensions of energy security in Small Island Developing States. **Utilities Policy**, v. 53, p. 94-101, 2018.

SHELL, K.; CLARO, J.; GUIKEMA, S. Probabilistic cost prediction for submarine power cables projects. **Electrical Power and Energy Systems**, v.90, p. 1-9, 2017.

SOVACOOOL, B.; BROWN, M. Competing dimensions of energy security: An international perspective. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 35, p. 77-108, 2010.

SOVACOOOL, B.; MUKHERJEE, I. Conceptualizing and measuring energy security: A synthesized approach. **Energy**, v. 36, p. 5343-5355, 2011.

VALENTINE, S. Emerging symbiosis: Renewable energy and energy security. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 4572-4578, 2011.

VIVO ENERGY. **Factsheet**. 2018. Disponível em <https://investors.vivoenergy.com/~media/Files/V/Vivo-Energy-IR/documents/vivoenergyfactsheet-10april2018.PDF>. Acesso em 17/09/2018.

VIVODA, V. Evaluating energy security in the Asia-Pacific region: A novel methodological approach. **Energy Policy**, v. 38, p.5258-5263, 2010.

VON HIPPEL, D. et al. Energy security and sustainability in Northeast Asia. **Energy Policy**, v. 39, p. 6719-6730, 2011.

WORLD BANK. Access to electricity. 2018. Disponível em [https://data.worldbank.org/indicator/eg.elc.accs.zs?year\\_high\\_desc=false](https://data.worldbank.org/indicator/eg.elc.accs.zs?year_high_desc=false). Acesso em 05/09/2018.

WORLD BANK. **Cape Verde Fuels imports by country 2016**. 2018. Disponível em [https://wits.worldbank.org/CountryProfile/en/Country/CPV/Year/2016/TradeFlow/Import/Partner/by-country/Product/27-27\\_Fuels](https://wits.worldbank.org/CountryProfile/en/Country/CPV/Year/2016/TradeFlow/Import/Partner/by-country/Product/27-27_Fuels). Acesso em 17/09/2018.

WORLD BANK. **CO2 emissions (metric tons per capita)**. 2018. Disponível em <https://data.worldbank.org/indicator/en.atm.co2e.pc>. Acesso em 15/09/2018.

YERGIN, D. Ensuring energy security. **Foreign Affairs**, v. 85, n. 2, p. 69, 2006.



## 6. CONCLUSÃO

O potencial para o aproveitamento de energia renováveis em Cabo Verde é bastante alto, conforme indicado na seção 2. Todas as ilhas do arquipélago apresentam um alto potencial para a energia solar e muitas delas têm também um elevado potencial para a energia eólica. Isso mostra que a utilização de tecnologias que permitam aumentar a penetração de fontes renováveis na matriz elétrica do país, por meio da mitigação dos efeitos da intermitência, como a utilização de cabos de energia submarinos para interligar eletricamente as ilhas, permitiria alcançar a meta proposta por Cabo Verde em sua iNDC, ter 100% de sua energia elétrica produzida por fontes renováveis em 2025.

A partir da interação das conclusões das seções 3, 4 e 5, que tratam, respectivamente, dos aspectos ambientais, técnicos e econômicos da utilização dos cabos de energia submarinos para interligar eletricamente as ilhas de Cabo Verde, constata-se que esta alternativa é, sim, uma forma viável de aumentar a segurança energética do país. Contudo, algumas ressalvas precisam ser feitas.

Na questão ambiental, apesar dos impactos ambientais referentes à utilização dos cabos de energia submarinos serem de baixa magnitude e de pequena abrangência espacial, há regiões sensíveis em Cabo Verde em que estes impactos poderiam ter efeito crítico. São elas: as comunidades de corais, as áreas protegidas e os locais em que são encontradas espécies endêmicas ameaçadas de extinção. O mapeamento destas regiões mostra que elas não inviabilizam a interligação de nenhuma das ilhas, mas podem implicar na alteração da rota prevista para os cabos.

O atual (2019) estado-da-arte da tecnologia de transmissão submarina de energia não é suficiente para interligar todas as ilhas de Cabo Verde. A principal restrição é a grande profundidade entre algumas delas, que chega a mais de 3.200 metros. Ainda não se pode interligar a ilha do Sal com a de São Nicolau e a ilha de Santiago com a do Fogo. Esta limitação deve ser superada em breve, visto que fabricantes de cabos de energia submarinos afirmam já estarem desenvolvendo tecnologia para instalar os cabos a 3000 metros de profundidade.

O custo de instalação dos cabos de energia submarinos é a questão mais crítica para a interligação elétrica das ilhas de Cabo Verde. O valor estimado de US\$ 1.267 milhões para implantar as interligações que são viáveis técnica e ambientalmente é muito elevado para um país que investe no setor de energia, em média, US\$ 12,5

milhões por ano e que possui um PIB de US\$ 1.754 milhões. Apesar de atores do setor de energia cabo-verdiano entrevistados dizerem ser possível viabilizar este investimento por meio de cooperações internacionais, verifica-se que outras estratégias, como aumentar a penetração de energias renováveis ou modernizar a governança do setor de energia, têm uma relação entre custo e aumento da segurança energética melhor do que a interligação elétrica das ilhas. Realizar interligações pontuais, como entre a ilha de São Vicente e a de Santo Antão, que apresentam custos menores, parece ser a melhor alternativa para Cabo Verde atualmente (2019).

Merece destaque a interligação das ilhas do Fogo e de Santiago. Embora ela ainda não seja viável tecnicamente, em função da profundidade de 2.500 metros entre estas ilhas, com o avanço da tecnologia dos cabos de energia, isso deve mudar já nos próximos anos. Esta interligação se torna interessante quando se leva em consideração que só seria viável a instalação de uma usina geotérmica na ilha do Fogo caso ela tivesse uma potência instalada de 50 MW ou mais. Apesar da ponta de demanda no Fogo ter sido de apenas 2,6 MW, em 2017, a ponta em Santiago foi de 39,1 MW. Deste modo, pode-se argumentar que a interligação destas duas ilhas viabilizaria a instalação da usina geotérmica. E, ao mesmo tempo, a perspectiva de ter uma fonte de energia renovável que não sofre com a questão da intermitência e que seria capaz de alimentar toda a ilha de Santiago, responsável por aproximadamente 50% do consumo de energia do país, justificaria a instalação dos cabos de energia submarinos.

Conclui-se então que, embora a instalação dos cabos de energia submarinos seja viável entre a maior parte das ilhas de Cabo Verde, considerando a relação entre aumento da segurança energética e custo, apenas aquelas mais curtas e de menor custo, com no máximo 50 km, são interessantes atualmente (2019). Propõem-se, entretanto, a interligação das ilhas de Santiago e Fogo como um projeto piloto para a instalação do primeiro cabo de energia submarino a 2.500 metros de profundidade no mundo, viabilizando a instalação de uma usina geotérmica na ilha do Fogo, o que tornaria a matriz energética elétrica de Cabo Verde mais de 50% renovável. O impacto que isto teria na segurança energética do país seria enorme, com repercussões econômicas e sociais amplas e diversas.

### **6.1. Limitações da pesquisa**

No mapa com as áreas ecologicamente sensíveis aos impactos causados pelos cabos de energia submarinos, não foram indicadas as zonas de nidificação de tartarugas, uma vez que estas áreas ainda não foram devidamente identificadas.

Com relação à análise da viabilidade técnica, há duas limitações. A primeira é que não foi realizado o mapeamento do fundo marinho entre as ilhas de Cabo Verde, em função do elevado custo desta atividade. Contudo, acredita-se que qualquer obstáculo para a instalação dos cabos de energia submarinos que seja encontrado neste mapeamento poderá ser superado alterando-se um pouco a rota deste cabo, sem, entretanto, inviabilizá-lo. A outra limitação é que foi analisada apenas a viabilidade da instalação dos cabos submarinos, mas não da interligação dos sistemas elétricos das ilhas, considerando questões como estabilidade da rede e fluxo de potência.

Na criação do ISECV, há também uma limitação inerente ao método utilizado. Não era possível entrevistar todas as pessoas que têm alguma atuação e/ou influência no setor de energia de Cabo Verde, motivo pelo qual foram escolhidas, em cada uma das organizações identificadas, algumas pessoas para participar das entrevistas em profundidade e responder o questionário sobre a segurança energética em Cabo Verde. Deste modo, parte-se da premissa que a resposta dos entrevistados está próxima daquela que seria a resposta obtida caso todas as pessoas do setor participassem da pesquisa. Outra limitação é que, dos dezessete principais atores institucionais do setor de energia cabo-verdiano identificados, quatro não quiseram participar da pesquisa e/ou não responderam o questionário, apesar de repetidas solicitações do autor antes e durante a pesquisa de campo em Cabo Verde (ver Apêndice C). Por fim, há o fato da falta de dados para alimentar os indicadores para medir algumas das dimensões da segurança energética propostas por Sovacool e Mukherjee (2011), o que obrigou à exclusão destas dimensões na composição do ISECV.

### **6.2. Sugestões para trabalhos futuros**

Considerando a questão ambiental, seria interessante identificar todas as zonas de nidificação de tartarugas. Isso é importante não apenas para os projetos de instalação de cabos de energia submarinos, mas para qualquer tipo de

empreendimento realizado nas praias cabo-verdianas ou próximo a elas, uma vez que eles podem impactar negativamente a reprodução das tartarugas.

No que diz respeito aos cabos de energia submarinos, propõem-se a realização de estudos de estabilidade, de fluxo de potência, entre outros, da interligação das redes elétricas das diversas ilhas, em especial entre as ilhas de São Vicente e de Santo Antão e entre as ilhas de Santiago e do Fogo. Neste último caso, seria interessante simular a instalação de uma usina geotérmica na ilha do Fogo e ver qual seria o comportamento da rede em ambas as ilhas. Estudos focados na questão econômica, que utilizem outros métodos para estimar os custos de instalação dos cabos também são recomendados, dada a dificuldade de realizar esta estimativa em função da complexidade deste tipo de projeto.

Propõem-se também a realização de mais pesquisas sobre a segurança energética em Cabo Verde. Identificar e entender os principais desafios para aumentá-la é fundamental para guiar as políticas públicas que o governo deve adotar para o setor de energia. Estas pesquisas são importantes não apenas para Cabo Verde, mas também para os SIDS como um todo, pois eventuais soluções encontradas para Cabo Verde podem ser aplicáveis em outros países dos SIDS, facilitando o alcance das metas do ODS7.

### 6.3. Periódicos para publicação dos artigos

A seguir apresentam-se alguns periódicos para os quais os artigos propostos (seções 3, 4 e 5) deverão ser submetidos. Para cada artigo, são indicadas ao menos duas opções de periódicos para submissão. Os periódicos foram escolhidos com base no alinhamento dos temas por eles tratados com o objeto dos artigos, bem como por sua classificação no Qualis-Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para a área de Ciências Ambientais no quadriênio 2013-2016. Foram considerados apenas periódicos com classificação A1, A2 ou B1. Os periódicos selecionados podem ser vistos no Quadro 6.1.

Quadro 6.1 – Opções de periódicos para submissão dos artigos que compõem a dissertação.

<b>Artigo / Seção</b>	<b>Periódico</b>	<b>Classificação no Qualis-Periódicos</b>
Artigo 1 / Seção 3	<i>Journal of Coastal Research</i>	B1
	<i>Ocean engineering</i>	A2
	Revista de Gestão Costeira Integrada	B1

<b>Artigo / Seção</b>	<b>Periódico</b>	<b>Classificação no Qualis-Periódicos</b>
Artigo 2 / Seção 4	<i>Journal of Marine Science and Application</i>	B1
	<i>Ocean engineering</i>	A2
Artigo 3 / Seção 5	<i>Energy Policy</i>	A1
	<i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>	A1
	<i>Utilities Policy</i>	B1

## REFERÊNCIAS<sup>23</sup>

- 4COFFSHORE. Offshore interconnections. Disponível em: <<http://www.4coffshore.com/windfarms/interconnectors.aspx>>. Acesso em 25 mar. 2018.
- A NAÇÃO. **Faz hoje 1 ano em que o furacão Fred passou em Cabo Verde**. 2016. Disponível em: <<http://anacao.cv/2016/08/31/faz-hoje-1-ano-em-que-o-furacao-fred-passou-por-cabo-verde/>>. Acesso em: 11. set. 2018.
- ABB. **Cross Sound Cable Interconnector**. 2003. Disponível em: <[https://library.e.abb.com/public/4664a655cb2a707fc1256f4100471f03/PT\\_Cross\\_SoundCable.pdf](https://library.e.abb.com/public/4664a655cb2a707fc1256f4100471f03/PT_Cross_SoundCable.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- ABB. **Submarine power cables**: Cables for offshore wind farms and platforms. 2011. Disponível em: <<https://library.e.abb.com/public/47d75ffacbf9c7c1257b130057bbf7/Submarine%20power%20cables%20for%20offshore%20wind%20farms%20and%20platforms%202GM5010-gb%20wind%20rev%202011-02.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- ABB. **The history of HVDC transmission**. 2006. Disponível em: <[http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/a521beb28ac88e75c12572250046e16a/\\$file/HVDC+history.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/a521beb28ac88e75c12572250046e16a/$file/HVDC+history.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- AGÊNCIA DE REGULAÇÃO ECONÔMICA. **Tarifas de eletricidade ELECTRA e AEB**. 2018. Disponível em: <[http://www.are.cv/images/stories/combustiveis/tabela\\_1\\_e\\_3\\_tarifas\\_de\\_electricidade\\_electra\\_e\\_aeb.pdf](http://www.are.cv/images/stories/combustiveis/tabela_1_e_3_tarifas_de_electricidade_electra_e_aeb.pdf)>. Acesso em: 5 set. 2018.
- AGÊNCIA DE REGULAÇÃO ECONÔMICA. **Tarifas/Preço dos combustíveis**. 2018. Disponível em: <[http://www.are.cv/index.php?option=com\\_content&task=view&id=96&Itemid=90](http://www.are.cv/index.php?option=com_content&task=view&id=96&Itemid=90)>. Acesso em: 5 set. 2018.
- ALEGRÍA, I. et al. Transmission alternatives for offshore electrical power. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 5, p. 1027-1038, 2009.
- ANDRULEWICZ, E.; NAPIERSKA, D.; OTREMBA, Z. The environmental effects of the installation and functioning of the submarine SwePol Link HVDC transmission line: a case study of the Polish Marine Area of the Baltic Sea. **Journal of Sea Research**, v. 49, n. 4, p. 337-345, 2003.
- ANG, B.; CHOONG, W.; NG, T. Energy security: Definitions, dimensions and indexes. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 42, p. 1077-1093, 2015.
- APP. **Números-chave**. 2018. Disponível em: <<http://aguaspontapreta.cv/datos-relevantes/>>. Acesso em: 18 nov. 2018.
- APEREC. **A quest for energy security in the 21st century**: Resources and constraints. Tokyo: APEREC, 2007.

---

<sup>23</sup> De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023)

ARDELEAN, M.; MINNEBO, P. **HVDC Submarine Power Cables in the World: State-of-the-Art Knowledge**. European Commission, Netherlands, 2015.

ARGO. Disponível em: <http://www.argo.ucsd.edu/>>. Acesso em: 6 nov. 2017.

ARLET, J. **Electricity, tariffs, power outages and firm performance: A comparative analysis**. World Bank, 2017.

ARQUEONAUTAS WORLDWIDE. Cape Verde. Disponível em: <<http://aww.pt/archaeology/cape-verde/>>. Acesso em 22 ago. 2018.

ASDRUBALI, F.; et al. Life cycle assessment of electricity production from renewable energies: Review and results harmonization. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 42, p. 1113-1122, 2015.

ATLANTIC telegraph: Its history, from the commencement of the undertaking in 1854 to the sailing of the "Great Eastern" in 1866. London: Bacon and Co. Publishers and Bookellers, 1866.

AUSTRALIA. Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. **Emission estimation technique manual for combustion engines**. Versão 3.0, 2008.

AZZUNI, A.; BREYER, C. Definitions and dimensions of energy security: A literature review. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment**, v. 7, n. 1, p. 1-34, 2018.

BACCI, T. et al. Effects of laying power cables on a *Posidonia oceanica* (L.) Delile prairie: the study case of Fiune Santo (NW Sardinia, Italy). **International Coastal Symposium**, special issue 65, v. 1, p. 868-873, 2013.

BALDWIN, D. The concept of security. **Review of International Studies**, v. 23, p. 5-26, 1997.

BALLARD, J. Geology of a stable intraplate region: The Cape Verde/Canary Basin. **Naval Ocean Research and Development Activity**, 1982.

BALOG, G. et al. Vortex induced vibration on submarine cables. **CIGRE Paper B1-208**, p. 1-8, 2006.

BIELECKI, J. Energy security: Is the wolf at the door? **Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 42, n. 2, p. 235-250, 2002.

BIRKELAND, C. **Assessing the life cycle environmental impacts of offshore wind power generation and power transmission in the North Sea**. 2011. Master's Thesis (Master of science in energy and environment) – Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 2011.

BLUME, S. **Electric power system basics: For the nonelectrical professional**. Piscataway: IEEE Press, 2007. 242 p.

BODICKY, A. Submarine cables. **Transactions of the American Institute of Electrical Engineers**. Part III: Power Apparatus and Systems, v. 72, n. 2, p. 1227-1236, 1953.

BRAKELMAN, H. Loss determination for long three-phase high-voltage submarine cables. **ETEP**, v. 13, n. 3, p. 193-197, 2003.

BRIGHT, C. **Submarine Telegraph**: Their history, construction, and working. London: C. Lockwood and son, 1898.

BRISNER, H. Submarine Power Cables. In: OCEANS '76, 1976, Washington. **Proceedings...** Washington: IEEE, 1976, p. 3B-1-3B-4.

CABEÓLICA. **Factbook 2013**. Cabo Verde, 2014.

CABEÓLICA. **Relatório & Contas 2014**. Cabo Verde, 2015.

CABEÓLICA. **Relatório & Contas 2015**. Cabo Verde, 2016.

CABEÓLICA. **Relatório & Contas 2016**. Cabo Verde, 2017.

CABEÓLICA. **Relatório & Contas 2017**. Cabo Verde, 2018.

CABEÓLICA. **Sobre Nós**. 2018. Disponível em: <<http://www.cabeolica.com/site1/sobre-nos/a-nossa-historia/>>. Acesso em: 16 set. 2018.

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 3/2003 de 24 de fevereiro de 2003. Estabelece o regime jurídico dos espaços naturais, paisagens, monumentos e lugares que merecem uma proteção especial e integrar-se na Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 24 fev. 2003, I Série, n. 5, p. 52-60.

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 15/2003 de 19 de maio de 2003. Aprova a Orgânica do Ministério da Economia, Crescimento e Competitividade. **Boletim Oficial**, Praia, 19 mai. 2003, I Série, n. 15, p. 198-212.

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 17/2018 de 6 de abril de 2018. Estabelece a estrutura, organização e funcionamento do Ministério da Indústria, Comércio e Energia. **Boletim Oficial**, Praia, 6 abr. 2018, I Série, n. 20, p. 468-476.

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 23/2013 de 19 de junho de 2013. Estabelece a estrutura, a organização e as normas de funcionamento do Ministério do Turismo, Indústria e Energia, adiante designado por MTIE. **Boletim Oficial**, Praia, 19 jun. 2013, I Série, n. 32, p. 799-812.

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 27/2003 de 25 de agosto de 2003. Aprova os Estatutos da Agência de Regulação Económica - ARE. **Boletim Oficial**, Praia, 25 ago. 2003, I Série, n. 27, p. 419-429.

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 32/2006 de 19 de junho de 2006. Altera o Decreto-Lei nº 25/2003, de 25 de Agosto e o Decreto-Lei nº 27/2003, de 25 de Agosto. **Boletim Oficial**, Praia, 19 jun. 2006, I Série, n. 17, p. 452-453.



CABO VERDE. Decreto-Lei nº 57/2009 de 14 de dezembro de 2009. Aprova a nova Estrutura Orgânica do Ministério da Economia, Crescimento e Competitividade, adiante designado por (MECC). **Boletim Oficial**, Praia, 14 dez. 2009, I Série, n. 47, p. 1030-1044.

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 62/2015 de 5 de novembro de 2015. Estabelece a estrutura, a organização e as normas de funcionamento do Ministério do Turismo, Investimentos e Desenvolvimento Empresarial. **Boletim Oficial**, Praia, 5 nov. 2015, I Série, n. 68, p. 2155-2171.

CABO VERDE. Decreto-Lei nº 65/2016 de 28 de dezembro de 2016. Aprova a Orgânica do Ministério da Economia e Emprego. **Boletim Oficial**, Praia, 28 dez. 2016, I Série, n. 72, p. 2217-2234.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 1/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Reserva Natural Monte do Alto das Cabaças da ilha de São Nicolau, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 262-263.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 2/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Paisagem Protegida das Pombas da ilha de Santo Antão, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 264.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 3/2008 de 2 de junho de 2008. Aprova a delimitação do Parque Nacional de Fogo que abrange as localidades Chã das Caldeiras, Pico Novo, Orela e Borderia da ilha do Fogo, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas, declarada no anexo ao Decreto-Lei nº 3/2003. **Boletim Oficial**, Praia, 2 jun. 2008, I Série, n. 20, p. 417-419.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 3/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área do Parque Natural de Topo de Coroa da ilha de Santo Antão, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 265-266.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 4/2013 de 5 de abril de 2013. Aprova a delimitação da área protegida da Reserva Natural Integral Ilhéu de Baluarte da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 5 abr. 2013, I Série, n. 18, p. 479.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 4/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Reserva Natural (Marinha) Baía da Murdeira da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 266-267.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 5/2013 de 5 de abril de 2013. Aprova a delimitação da área protegida do Parque Natural do Norte da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 5 abr. 2013, I Série, n. 18, p. 480-481.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 5/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Reserva Natural Rabo de Junco da ilha do Sal, pertencente

à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 267-268.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 6/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação do Parque Natural de Monte Verde da ilha de São Vicente, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 614-616.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 6/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área do Monumento Natural Morrinho do Filho da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 268-269.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 7/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação do Parque Natural de Cova, Ribeira Paúl e Torre da ilha de Santo Antão, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 616-618.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 7/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Paisagem Protegida Monte Grande da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 269-270.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 8/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Paisagem Protegida Salinas de Santa Maria da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 618-619.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 8/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Paisagem Protegida Burcano-Ragona da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 270-271.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 9/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Paisagem Protegida de Curral Velho da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 620-621.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 9/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área do Monumento Natural Morrinho do Açúcar da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 272.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 10/2007 de 3 de setembro de 2007. Aprova a delimitação da área do Parque Natural de Monte Gordo da ilha de São Nicolau, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas, declarada no anexo ao Decreto-Lei nº 3/2003, de 24 de fevereiro. **Boletim Oficial**, Praia, 3 set. 2007, I Série, n. 33, p. 615-617.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 10/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação do Monumento Natural Monte Estância da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 621-622.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 10/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Paisagem Protegida Salinas de Pedra Lume e Cagarral da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 272-273.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 11/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Reserva Natural Integral Ilhéu dos Pássaros da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 622-623.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 11/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Reserva Natural Ponta do Sol da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 274-275.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 11/2015 de 10 de dezembro de 2015. Aprova a delimitação do Parque Natural Serra do Pico Antónia da ilha de Santiago, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 dez. 2015, I Série, n. 79, p. 2607-2609.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 12/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Reserva Natural Ponta Sinó da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 623-624.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 12/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área do Monumento Natural Monte Ilhéu de Sal-Rei da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 275-276.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 13/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Reserva Natural Serra Negra da ilha do Sal, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 625-626.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 13/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área do Monumento Natural Monte Santo António da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 276-277.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 14/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Reserva Natural Tartaruga da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 626-627.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 14/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Paisagem Protegida Monte Caçador e Pico Forcado da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 277-279.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 15/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Reserva Natural Costa da Fragata da ilha do Sal, pertencente à Rede

Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 627-628.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 15/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área do Monumento Natural Rocha Estância da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 279-280.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 16/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Reserva Natural Integral Ilhéu de Curral Velho da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 628-629.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 16/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Reserva Natural Boa Esperança da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 280-282.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 17/2013 de 9 de maio de 2013. Aprova a delimitação da Reserva Natural de Moroços da ilha de Santo Antão, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 9 mai. 2013, I Série, n. 23, p. 629-631.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 17/2014 de 10 de fevereiro de 2014. Aprova a delimitação da área da Reserva Natural Morro de Areia da ilha da Boa Vista, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 10 fev. 2014, I Série, n. 8, p. 282-283.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 19/2007 de 31 de dezembro de 2007. Aprova a delimitação do Parque Natural de Serra Malagueta da Ilha de Santiago pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas, declarada no anexo do Decreto-Lei nº 3/2003, de 24 de fevereiro, de acordo com as coordenadas, referências e croqui cartográfico. **Boletim Oficial**, Praia, 31 dez. 2007, I Série, n. 48, p. 887-889.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 30/2014 de 25 de novembro de 2014. Aprova a delimitação da Paisagem Protegida das Salinas de Porto Inglês da ilha do Maio, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 25 nov. 2014, I Série, n. 72, p. 2156-2157.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 31/2014 de 25 de novembro de 2014. Aprova a delimitação da Paisagem Protegida de Monte Penoso e Monte Branco da ilha do Maio, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 25 nov. 2014, I Série, n. 72, p. 2157-2159.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 32/2014 de 25 de novembro de 2014. Aprova a delimitação da Reserva Natural das Casas Velhas da ilha do Maio, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 25 nov. 2014, I Série, n. 72, p. 2159-2161.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 33/2014 de 25 de novembro de 2014. Aprova a delimitação da Reserva Natural Lagoa Cimidor da ilha do Maio, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 25 nov. 2014, I Série, n. 72, p. 2162-2163.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 34/2014 de 25 de novembro de 2014. Aprova a delimitação da Reserva Natural da Praia do Morro da ilha do Maio, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 25 nov. 2014, I Série, n. 72, p. 2163-2164.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 36/2014 de 17 de dezembro de 2014. Altera a categoria do Parque Natural de Cruzinha, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 17 dez. 2014, I Série, n. 79, p. 2291-2293.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 37/2014 de 17 de dezembro de 2014. Altera a categoria do Parque Natural de Barreiro e Figueira, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 17 dez. 2014, I Série, n. 79, p. 2293-2296.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 38/2014 de 17 de dezembro de 2014. Aprova a delimitação do Parque Natural do Norte da ilha do Maio, pertencente à Rede Nacional de Áreas Protegidas e desclassifica Terras Salgadas como Reserva Natural e Monte Santo António como paisagem Protegida da Rede Nacional de Áreas Protegidas. **Boletim Oficial**, Praia, 17 dez. 2014, I Série, n. 79, p. 2297-2299.

CABO VERDE. Decreto-Regulamentar nº 40/2014 de 22 de dezembro de 2014. Altera a categoria da Reserva Natural Integral de Santa Luzia para Reserva Natural Parcial. **Boletim Oficial**, Praia, 22 dez. 2014, I Série, n. 80, p. 2337-2339.

CABO VERDE. Direção Nacional de Receitas do Estado. Estatísticas Disponível em: <<https://www.dnre.gov.cv/dnre/pt-pt/direcao-das-alfandegas>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

CABO VERDE. **Intended Nationally Determined Contribution of Cabo Verde**. Praia, 2017.

CABO VERDE. Lei nº 2/IX/2016 de 11 de agosto de 2016. Aprova o orçamento do Estado para o ano econômico de 2016. **Boletim Oficial**, Praia, 11 ago. 2016, I Série, n. 45, p. 1508-1647.

CABO VERDE. Lei nº 10/VIII/2011 de 30 de dezembro de 2011. Aprova o orçamento do Estado para o ano econômico de 2012. **Boletim Oficial**, Praia, 30 dez. 2011, I Série, n. 42, p. 2-137.

CABO VERDE. Lei nº 23/VIII/2012 de 31 de dezembro de 2012. Aprova o orçamento do Estado para o ano de 2013. **Boletim Oficial**, Praia, 31 dez. 2012, I Série, n. 71, p. 2-135.

CABO VERDE. Lei nº 52/VIII/2013 de 30 de dezembro de 2013. Aprova o orçamento do Estado para o ano econômico de 2014. **Boletim Oficial**, Praia, 30 dez. 2013, I Série, n. 72, p. 2-139.

CABO VERDE. Lei nº 77/VIII/2014 de 31 de dezembro de 2014. Aprova o orçamento do Estado para o ano econômico de 2015. **Boletim Oficial**, Praia, 31 dez. 2014, I Série, n. 81, p. 2-155.

CABO VERDE. Lei nº 5/IX/2016 de 30 de dezembro de 2016. Aprova o orçamento do Estado para o ano econômico de 2017. **Boletim Oficial**, Praia, 30 dez. 2016, I Série, n. 73, p. 2270-2486.

CABO VERDE. Ministério do Ambiente, Agricultura e Pescas. Plano de Gestão dos Recursos da Pesca. In: **Segundo Plano de Acção Nacional para o Ambiente – PANA II**, Cabo Verde 2004-2014. Praia, 2004. 216 p.

CABO VERDE. Ministério do Ambiente, Agricultura e Pescas. **Segundo Plano de Acção Nacional para o Ambiente**: Documento síntese. Praia, 2004.

CABO VERDE. Ministério da Saúde. **Plano Multisectorial de Prevenção de Doenças Não Transmissíveis de Cabo-Verde**. Praia, 2014.

CABO VERDE. Ministério das Finanças e do Planeamento. **Conta Geral do Estado 2012**. Praia, 2014.

CABO VERDE. Ministério das Finanças e do Planeamento. **Conta Geral do Estado 2013**. Praia, 2015.

CABO VERDE. Ministério das Finanças e do Planeamento. **Conta Geral do Estado 2014**. Praia, 2015.

CABO VERDE. Ministério das Finanças. **Conta Geral do Estado 2015**. Praia, 2016.

CABO VERDE. Ministério das Finanças. **Conta Geral do Estado 2016**. Praia, 2017.

CABO VERDE. Ministério do Turismo, Investimentos e Desenvolvimento Empresarial. **Agenda de acção para a energia sustentável para todos**. Praia, 2015

CABO VERDE. Ministério do Turismo, Investimentos e Desenvolvimento Empresarial. **Relatório de Base para Cabo Verde inserido no Processo e Estratégia da CEDEAO para o Desenvolvimento da Agenda de Ação de Energia Sustentável para Todos (SE4ALL), dos Planos de Ação Nacionais de Energias Renováveis (PANER) e dos Planos de Ação Nacionais de Eficiência Energética (PANEE) nos países membros da CEDEAO**. Cabo Verde, 2014.

CABO VERDE. **Plano estratégico de desenvolvimento sustentável: 2017/2021**. Praia, 2017.

CABO VERDE. Portaria nº 21/2009, de 8 de junho de 2009. Aprova o Plano de Ordenamento Turístico (POT) da Zona de Desenvolvimento Turístico Integral de Santa Mônica. **Boletim Oficial**, Praia, 8 jun. 2009, Série I, n. 23, p. 356-398.

CABO VERDE. Resolução nº 10/2015 de 20 de fevereiro de 2015. Aprova o Plano Nacional de Água e Saneamento (PLENAS). **Boletim Oficial**, Praia, 20 fev. 2015, I Série, n. 13, p. 476-508.

CABO VERDE. Resolução nº 49/2015 de 11 de junho de 2015. Aprova o Plano Nacional de Gestão e Conservação de Corais. **Boletim Oficial**, Praia, 11 jun. 2015, I Série, n. 35, p. 1106-1147.

CABO VERDE. Resolução nº 72/2010 de 13 de dezembro de 2010. Aprova o Plano Nacional para a Conservação das Tartarugas Marinhas em cabo Verde (PNCTM-CV). **Boletim Oficial**, Praia, 13 de dezembro de 2010, I Série, n. 48, p. 2031-2058).

CARNEIRO, G. "They come, they fish, and they go:" EC fisheries agreements with Cape Verde and São Tomé e Príncipe. **Marine Fisheries Review**, v. 73, n. 4, p. 1-25, 2011.

CEHULIC, L. et al. Energy security in South East Europe. In: CROSS, S.; KENTERA, S.; NATION, R.; VUKADINOVIC, R. **Shaping South East Europe's security community for the twenty-first century**: Trust, Partnership, Integration. Hampshire: Macmillan Publishes Limited, 2013.

CHERP, A.; JEWELL, J. The three perspectives on energy security: Intellectual history, disciplinary roots and the potential for integration. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 3, n. 4, p. 202-212, 2011.

CHERP, A.; JEWELL, J. The concept of energy security: Beyond the four As. **Energy Policy**, v. 75, p. 415-421, 2014.

CHESTER, L. Conceptualizing energy security and making explicit its polysemic nature. **Energy Policy**, v. 38, p. 887-895, 2010.

COSTANZA, R. et al. Principles for sustainable governance of the oceans. **Science**, v. 281, n. 5374, p. 198-199, 1998.

COUCH, W. et al. Modern high-voltage rubber insulation. **Transactions of the American Institute of Electrical Engineers**. Part III: Power Apparatus and Systems, v. 74, n. 3, p. 1387-1398, 1955.

CROUGH, S. Geoid height anomalies over the Cape Verde Rise. **Marine Geophysical Researches**, v. 5, n. 3, p. 263-271, 1982.

CVTELECOM. CVTelecom leva cabo submarino de fibra óptica a Fogo, Brava e Maio. Disponível em: <<http://www.grupocvt.com.cv/node/183>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

DANNREUTHER, R. **Energy security**. Polity Press: Cambridge, 2017.

DAY, S.; SILVA, S.; FONSECA, J. A past giant lateral collapse and present-day flank instability of Fogo, Cape Verde Islands. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 9, n. 1-4, p. 191-218, 1999.

DIBNER, B. **The Atlantic cable**. Burndy Library, Norwalk, 96 p, 1959.

DUNHAM, A. et al. Effects of submarine power transmission cables on a glass sponge reef and associated megafaunal community. **Marine Environmental Research**, v. 107, p. 50-60, 2015.

EICHENGREEN, B.; LAFARGUETE, R.; MEHL, A. **Cables, sharks and servers: Technology and geography of the foreign exchange market**. European Central Bank, Working Papers Series, n. 1889, 2016.

ELECTRA NORTE. **Relatório e contas**: Exercício de 2016. Cabo Verde, 2017.

E ELECTRA SA. **Descrição da empresa**. 2018. Disponível em: <<http://www.electra.cv/index.php/2014-05-20-15-47-04/empresa/descricao>>. Acesso em: 16 set. 2018.

ELECTRA SA. **Relatório e contas**: Exercício de 2016. Cabo Verde, 2017.

ELECTRA SA. **Relatório e contas**: Exercício de 2017. Cabo Verde, 2018.

ELECTRA SARL. **Relatório e contas**: Exercício de 2011. Cabo Verde, 2012.

ELECTRA SARL. **Relatório e contas**: Exercício de 2012. Cabo Verde, 2013.

ELECTRA SARL. **Relatório e contas**: Exercício de 2013. Cabo Verde, 2014.

ELECTRA SARL. **Relatório e contas**: Exercício de 2014. Cabo Verde, 2015.

ELECTRA SARL. **Relatório e contas**: Exercício de 2015. Cabo Verde, 2016.

ELECTRA SUL. **Relatório e contas**: Exercício de 2016. Cabo Verde, 2017.

ENACOL. **História**. 2018. Disponível em: <<http://www.enacol.cv/index.php?mod=empresa&menu=9>>. Acesso em: 17 set. 2018.

EUA. National Aeronautics and Space Administration (NASA). State of the ocean. Disponível em: <<https://podaac-tools.jpl.nasa.gov/soto>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

EUA. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Bathymetric data viewer. Disponível em: <<https://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/bathymetry/>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

EUROSTAT. **Electricity prices for household consumers**. 2018. Disponível em: <<http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>>. Acesso em: 05 set. 2018.

ÉVORA, R.; VERA-CRUZ, M. **Smart grid em Cabo Verde: Potencial, oportunidades e desafios**. In: Cooperação Cabo Verde – Luxemburgo, 2017, Praia, Cabo Verde. Anais eletrônicos... Cabo Verde, 2017. Disponível em: <[http://www.ccila-portugal.com/fileadmin/ahk\\_portugal/site\\_upload/RF/Cabo\\_verde\\_2017/posevento/11\\_Vera-Cruz\\_Evora\\_DNEIC\\_LuxDev.pdf](http://www.ccila-portugal.com/fileadmin/ahk_portugal/site_upload/RF/Cabo_verde_2017/posevento/11_Vera-Cruz_Evora_DNEIC_LuxDev.pdf)>. Acesso em: 31 jan. 2018.

EXPRESSO. **Regulação do setor de combustíveis em Cabo Verde**. n. 566, 2012. Disponível em: <[http://www.are.cv/index2.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=437&Itemid=42](http://www.are.cv/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=437&Itemid=42)>. Acesso em 17 set. 2018.



- FARIA, B.; FONSECA, J. Investigating volcanic hazard in Cape Verde Islands through geophysical monitoring: Network description and first results. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 14, n. 2, p. 485-499, 2014.
- GARCIA, R.; MARQUES, P.; FREIRE, F. Life-cycle assessment of electricity in Portugal. **Applied Energy**, v. 134, p. 563-572, 2014.
- GESTO ENERGIA. **Plano de Investimentos**. 2011.
- GESTO ENERGIA. **Plano energético renovável Cabo Verde**. 2011.
- GHARAVI, Hamid; GHAFURIAN, Reza. Smart grid: The electric energy system of the future. **Proceedings of the IEEE**, New York, v.99, n.6, 2011.
- GIDDENS, A. **The Politics of Climate Change**. 2ª ed. Cambridge, UK: Polity Press, 2011.
- GOETHE, S. **Gotland I, an engineered power jewel in the Baltic Sea**. Vattenfall: Stockholm, 2017.
- GOMES, S. Cabo Verde e Brasil: Um amor pleno e correspondido. **O Marrare, Revista de Pós-Graduação em Língua Portuguesa**, n. 9, p. 62-73, 2008.
- GOOGLE. Earth. Disponível em:  
<<https://www.google.com/earth/download/gep/agree.html>>. Acesso em: 31 jan. 2018.
- GOMES, N. et al. Tide and tidal currents in the Cape Verde Archipelago. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 15, n. 3, p. 395-408, 2015.
- GREVEMEYER, I. et al. Seismic activity at Cadamosto seamount near Fogo Island, Cape Verde – formation of a new ocean island? **Geophysical Journal International**, v. 180, n. 2, p. 552-558, 2009.
- HAIGH, K. **Cables and submarine cables**. Coles, Londres, 416 p, 1968.
- HALPERN, B. et al. A global map of human impact on marine ecosystems. **Science**, v. 319, n. 5865, p. 948-952, 2008.
- HANSTEEN, T.; KWASNITSCHKA, T.; KLUGEL, A. Cape Verde seamounts – Cruise no. M80/3 - December 29, 2009 – February 1, 2010 - Dakar (Senegal) - Las Palmas de Gran Canaria (Spain). **METEOR-Berichte**, M80/3, 2014.
- HEADRICK, D.; GRISET, P. Submarine telegraph cables: Business and Politics, 1838-1939. **Business History Review**, v. 75, n. 3, p. 543-578, 2001.
- HOLM, P.; An <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar study of the Cape Verde hot spot: Temporal evolution in a semistationary plate environment. **Journal of Geophysical Research**, v. 113, n. B8, 2008.
- HUTCHINSON, Z. et al. **Electromagnetic field (EMF) impacts on elasmobranch (shark, rays and skates) and American lobster movement and migration from direct current cables**. U.S. Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy management, Sterling, OCS Study BOEM 2018-003, 2018.

IEA. **World energy prices: An overview**. Paris, 2018.

IFAS (IFAS). **Supporting the Practical Implementation of the: “Cape Verde 100% Renewable: A roadmap to 2020”** Development of Energy Optimization Strategies for Cape Verde. Birkenfeld, 2013.

INGLEDOW, T. et al. British Columbia-Vancouver Island 138kV submarine power cable. **Proceedings of the IEE**. Part A: Power Engineering, v. 104, n. 18, p. 485-504, 1957.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. **Anuário estatístico: Cabo Verde 2016**. Praia, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. **Estatísticas das famílias e condições de vida: Inquérito multi-objectivo contínuo 2017**. Praia, 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. **Estatísticas do comércio externo 2016**. Praia, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (Cabo Verde). **Produto interno bruto por ilha: Ano 2016**. Informação à comunicação social. Praia, 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DAS PESCAS (Cabo Verde). **Diagnóstico sócio-económico da pesca industrial em Cabo Verde**. Praia, 2012. 93 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change**. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories**. 2001. Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>>. Acesso em: 15 set. 2018.

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/search/link/5a8c2654-72564916>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

IUCN STANDARDS AND CRITERIA SUBCOMMITTEE. **Guidelines for using the IUCN Red List categories and criteria**. Version 13, 2017. Disponível em: <<http://cmsdocs.s3.amazonaws.com/RedListGuidelines.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

JEWELL, J.; CHERP, A.; RIAHI, K. Energy security under de-carbonization scenarios: An assessment framework and evaluation under different technology and policy choices. **Energy Policy**, v. 65, p. 743-760, 2014.

JOSKOW, P. The U.S. energy sector: Progress and challenges, 1972-2009. **Dialogue**, v. 17, n. 2, p. 7-11, 2009.

KALMIJN, A. Detection and processing of electromagnetic and near-field acoustic signals in elasmobranch fishes. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 355, n. 1401, p. 1135-1141, 2000.

KAMPA, M.; CASTANAS, E. Human health effects of air pollution. **Environmental Pollution**, v. 151, p. 363-367, 2007.

KANCHANA, K.; UNESAKI, H. Assessing energy security using indicator-based analysis: The case of ASEAN member countries. **Social Sciences**, v.4, n.4, p. 1269-1315, 2015.

KARLSDÓTTIR, S. **Experience in transporting energy through subsea power cables**: The case of Iceland. 2013. Master's thesis – Faculty of Industrial Engineering, Mechanical Engineering and Computer Science, University of Iceland, Reykjavik, 2013.

KILFOYLE, A. et al. Effects of EMF emissions from undersea electric cables on coral reef fish. **Bioelectromagnetics**, v. 39, n. 1, p. 35-52, 2018.

KIRSCHVINK, J. et al. Evidence from strandings for geomagnetic sensitivity in cetaceans. **Journal of Experimental Biology**, v. 120, n. 1, p. 1-24, 1986.

KLAUSTRUP, M. Few effects on the fish communities so far. In: DONG Energy; Vattenfall AB; Danish Energy Authority; Danish Forest and Nature Agency. **Danish offshore wind**: Key environmental issues. 2006. cap. 5, p. 64-79.

KNOX-HAYES, J. et al. Understanding attitudes toward energy security: Results of a cross-national survey. **Global Environmental Change**, v. 23, n. 3, p. 609-622, 2013.

KRAUS, C.; CARTER, L. Seabed recovery following protective burial of subsea cables – Observations from the continental margin. **Ocean Engineering**, v. 157, p. 251-261, 2018.

KRUYT, B. et al. Indicators for energy security. **Energy Policy**, v. 37, p.2166-2181, 2009.

LANGHAMER, O. Artificial reef effect in relation to offshore renewable energy conversion: State of the art. **The Scientific World Journal**, v. 2012, 2012.

LES BAS, T. et al. Slope failures of the flanks of the southern Cape Verde Islands. In: LYKOUSIS, V.; SAKELLARIOU, D.; LOCAT, J. **Submarine mass movements and their consequences**. Dordrecht: Springer, 2007, p. 337-346.

LINO, S.; GONÇALVES, E.; COZENS, J. The loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) on Sal Island, Cape Verde: Nesting activity and beach surveillance in 2009. **Archipelago. Life and Marine Sciences**, n. 27, p. 59-63, 2010.

LI, Y.; SHI, X.; YAO, L. Evaluating energy security of resource-poor economies: A modified principle component analysis approach. **Energy Economics**, v. 58, p. 211-221, 2016.

- LOBATO, E.; SIGRIST, L.; ROUCO, L. Value of electric interconnection links in remote island. power systems: The Spanish Canary and Balearic archipelago cases. **Electrical Power and Energy Systems**, v. 91, p. 192-200, 2017.
- LODGE, A.; HELFFRICH, G. Depleted swell root beneath the Cape Verde Islands. **Geology**, v. 34, n. 6, p. 449-452, 2006.
- LONG, W.; NILSSON, S. HDVC transmission: yesterday and today. **IEEE Power and Energy Magazine**, v. 5, n. 2, p. 22-31, 2007.
- LOHMANN, K.; WILLOWS, A. Lunar-modulated geomagnetic orientation by a marine mollusk. **Science**, v. 235, n. 4786, p. 331-334, 1987.
- LOHMANN, K. Sea turtles: Navigating with magnetism. **Current Biology**, v. 17, n. 3, p. R102-R104, 2007.
- LOPES, A. **Planeamento elétrico para Cabo Verde**. 2016. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2016.
- LOPES, E.; FREITAS, R.; SILVA, O. Os corais de Cabo Verde: Um patrimônio a proteger. **Revista Internacional em Língua Portuguesa**, III Série, n. 27, p. 45-64, 2014.
- LOVE, M. et al. A comparison between fishes and invertebrates living in the vicinity of energized and unenergized submarine power cables and natural sea floor off southern California, USA. **Journal of Renewable Energy**, v. 2017, 13 p. 2017.
- LOVE, M. et al. Assessing potential impacts of energized submarine power cables on crab harvest. **Continental Shelf Research**, v. 151, n. 1, p. 23-29, 2017.
- LUO, X. *et al.* Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation. **Applied Energy**, Amsterdam, v. 137, p. 511-536, 2015.
- MANSSON, A.; JOHANSSON, B.; NILSSON, L. Assessing energy security: An overview of commonly used methodologies. **Energy**, v. 73, p. 1-14, 2014.
- MARCO, A. et al. Abundance and exploitation of loggerhead turtles nesting in Boa Vista island, Cape Verde: The only substantial rookery in the eastern Atlantic. **Animal Conservation**, v. 15, n. 4, p. 351-360, 2012.
- MASSON, D. et al. Flank collapse and large-scale landsliding in the Cape Verde Islands, off West Africa. **Geochemistry, Geophysics, Geosystems**, v. 9, n. 7, p. 1-16, 2008.
- MAULDIN, A. Frequently asked questions: Submarine cables 101. **TeleGeography**, 14 Feb. 2017. Disponível em: <<https://blog.telegeography.com/frequently-asked-questions-about-undersea-submarine-cables>>. Acesso em: 15 fev. 2018.
- MCNUTT, M. Thermal and mechanical properties of the Cape Verde Rise. **Journal of Geophysical Research**, v. 93, n. B4, p. 2784-2794, 1988.

MEIBNER, K. et al. **Impacts of submarine cables on the marine environment: A literature review**. Institute of Applied Ecology, Neu Broderstorf, 2006.

MELCHERS, R. Modelling immersion corrosion of structural steels in natural fresh and brackish waters. **Corrosion Science**, v. 48, n. 12, p. 4174-4201, 2006.

MENEZES, G. et al. Structure and zonation of demersal and deep-water fish assemblages off the Cabo Verde archipelago (northeast-Atlantic) as sampled by baited longlines. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 102, p. 118-134, 2015.

MERCK, T.; WASSERTHAL, R. Assessment of the environmental impacts of cables. **Biodiversity Series: OSPAR Commission**, 2009.

MURA, F.; DE DONCKER, R. Design aspects of a medium-voltage direct current (MVDC) grid for a university campus. In: 8th International Conference on Power Electronics - ECCE Asia, 2011, Jeju. **Papers...** Jeju: IEEE, 2011. p. 2359-2366.

NARULA, K.; REDDY, B. Three blind men and an elephant: The case of energy indices to measure energy security and energy sustainability. **Energy**, v. 80, p. 148-158, 2015.

NAVANI, J. P.; SHARMA, N. K.; SAPRA, S. Technical and non-technical losses in power system and its economic consequence in Indian economy. **International Journal of Electronics and Computer Science Engineering**, v. 1, n. 2, p. 757-761, 2012.

NEGRA, N.; TODOROV, J.; ACKERMANN, T. Loss evaluation of HVAC and HVDC transmission solutions for large offshore wind farms. **Electric Power Systems Research**, v. 76, n. 11, p. 916-927, 2006.

NEW ZEALAND. Ministry of Business, Innovation & Employment. **Energy in New Zealand 18**. Wellington, 2018.

NONNIS, O. et al. The management of information to identify the submarine cable route: the case study of Campania Islands. **Journal of Coastal Research**, v. 75, p. 1002-1007, 2016.

NUGENT, D.; SOVACOO, B. Assessing the lifecycle greenhouse gas emissions from solar PV and wind energy: a critical meta-survey. **Energy Policy**, v. 65, p. 229-244, 2014.

OBSERVADOR. **Governo de Cabo Verde com três novos ministérios, um ministro e seis secretários de Estado**. 2017. Disponível em: <https://observador.pt/2017/12/20/governo-de-cabo-verde-com-tres-novos-ministerios-um-ministro-e-seis-secretarios-de-estado/>. Acesso em: 16 set. 2018.

O'LEARY, M.; CUMMINGS, J. The spatial, temporal, and configurational characteristics of geographic dispersion in teams. **MIS Quarterly**, vol. 31, n. 3, p. 433-452, 2007. SEGURADO, R. et al. Integrated analysis of energy and water supply in islands. Case study of S. Vicente, Cape Verde. **Energy**, v. 92, p. 639-648, 2015.

ORKUSTOFNUN. **Energy statistics in Iceland 2017**. Reykjavik, 2018.

- ORTON, H. Power cable technology review. **High Voltage Engineering**, v. 41, n. 4, p. 1057-1067, 2015.
- OURBAK, T; MAGNAN, A. The Paris Agreement and climate change negotiations: Small islands, big players. **Regional Environmental Challenge**, v. 18, n. 8, p. 2201-2207, 2018.
- PERERA, F. Pollution from fossil-fuel combustion is the leading environmental threat to global pediatric health and equity: Solutions exist. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n.1, p. 1-17, 2017.
- PRYSMIAN. **Extruded cables for HVDC power transmission**. Milano: Prysmian Group, 2018. Disponível em:  
<[https://www.prysmiangroup.com/sites/default/files/business\\_markets/markets/downloads/datasheets/HVDC\\_A4\\_LOW\\_1.pdf](https://www.prysmiangroup.com/sites/default/files/business_markets/markets/downloads/datasheets/HVDC_A4_LOW_1.pdf)>. Acesso em: 5 fev. 2018.
- PRYSMIAN. **Power link cable solutions**. Milano: Prysmian Group, 2018. Disponível em:  
<[https://www.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/PRYSMIAN\\_GROUP\\_PowerLinkCableSolutions\\_Brochure.pdf](https://www.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/PRYSMIAN_GROUP_PowerLinkCableSolutions_Brochure.pdf)>. Acesso em: 5 fev. 2018.
- PRYSMIAN. Product technology innovation. Disponível em:  
<<https://www.prysmiangroup.com/en/products-and-solutions/power-grids/product-technology-innovation>>. Acesso em 25 mar. 2018.
- RADOVANOVIC, M.; FILIPOVIC, S.; PAVLOVIC, D. Energy security measurement – A sustainable approach. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, p. 1020-1032, 2017.
- RAPTIS, C.; VLIET, M.; PFISTER, S. Global thermal pollution of rivers from thermoelectric power plants. **Environmental Research Letters**, v. 11, p. 1-9, 2016.
- RENDINA, R. et al. The realization and commissioning of the +500 kV 1000MW HVDC link Sardinia Island – Italian Peninsula (SAPEI). **CIGRE Paper B1-101**, p. 1-11, 2012.
- RIBEIRO, O. **A ilha do Fogo e as suas erupções**. 2 ed. Lisboa: Junta de Investigações do Ultramar, 1960.
- RICHARDSON, W. et al. **Marine mammals and noise**. San Diego: Academic Press, 1995, p. 575.
- RICTHER, N. et al. Lava flow hazard at Fogo volcano, Cape Verde, before and after the 2014-2015 eruption. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 16, n. 8, p. 1925-1951, 2016.
- ROBERTS, C. et al. Marine biodiversity hotspots and conservation for tropical reefs. **Science**, v. 295, n. 5558, p. 1280-1284, 2002.
- ROCHA, P. et al. A significant nesting population of loggerhead turtles at the Nature Reserve of Santa Luzia, Cabo Verde. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 14, n. 2, p. 161-166, 2015.



RIFKIN, Jeremy. **The Third Industrial Revolution**. 1<sup>a</sup> ed. New York: Palgrave Macmillan, 2011.

RUSU, E.; ONEA, F. A review of the Technologies for wave energy extraction. **Clean Energy**, v. 2, n. 1, p. 10-19, 2018.

SEGURADO, R. et al. Integrated analysis of energy and water supply in islands. Case study of S. Vicente, Cape Verde. **Energy**, v. 92, p. 639-648, 2015.

SCHELL, K.; CLARO, J.; GUIKEMA, S. Probabilistic cost prediction for submarine power cables projects. **Electrical Power and Energy Systems**, v.90, p. 1-9, 2017.

SCHUMACHER, M. **Seawater corrosion handbook**. New Jersey: Noyes Data Corporation, 1979, p. 494.

SEA2SHORE. Disponível em: <<http://sea2shoreri.com/>>. Acesso em 25 mar. 2018.

SHAUGHNESSY, W. Memoranda relative to the experiments on the communication of telegraphic signals by induced electricity. **The Journal of the Asiatic Society of Bengal**, v. VIII, n. 93, p. 714-731, 1839.

SHERWOOD, J. et al. Installation and operational effects of a HVDC submarine cable in a continental shelf setting Bass Strait, Australia. **Journal of Ocean Engineering and Science**, v. 1, n. 4, p. 337-353, 2016.

SHIMATO, T.; HASHIMOTO, T.; SAMPEI, M. The Kii Channel HVDC Link in Japan. **CIGRE Session 14-106**, 2002.

SIEMENS. **HVDC – high voltage direct current transmission: Unrivalled practical experience**. Erlangen: Siemens AG, 2012.

SKOG, J. et al. NorNed – World’s longest power cable. **CIGRE Paper B1-106**, p. 1-10, 2010.

SLABBEKOORN, H. et al. A noisy spring: The impact of globally rising underwater sound levels on fish. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 7, p. 419-427, 2010.

SOKER, H. et al. **Offshore Wind Energy in the North Sea: Technical possibilities and ecological considerations**. Greenpeace, 2000.

SOVACOOL, B. An international assessment of energy security performance. **Ecological Economics**, v. 88, p. 148-158, 2013.

SOVACOOL, B. Differing cultures of energy security: An international comparison of public perceptions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 55, p. 811-822, 2016.

SOVACOOL, B. The methodological challenges of creating a comprehensive energy security index. **Energy Policy**, v. 48, p. 835-840, 2012.

SOVACOOL, B.; BROWN, M. Competing dimensions of energy security: An international perspective. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 35, p. 77-108, 2010.

SOVACOO, B.; MUKHERJEE, I. Conceptualizing and measuring energy security: A synthesized approach. **Energy**, v. 36, p. 5343-5355, 2011.

SPATARU, C. **Transitioning island. Nations into sustainable energy hubs:** Emerging research and opportunities. IGI Global: Hershey, 2018.

SPCSR. Disponível em: <<http://www.spcsrp.org/en/cabo-verde>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

STEFFEN, W; *et al.* **Global change and the earth system:** A planet under pressure. Springer-Verlag, Berlin, 2004.

STELZER, J.; SCHWADERER, R.; LORADITCH, T.; The 46-kV submarine cable crossing in the Straits of Mackinac. **Transactions of the American Institute of Electrical Engineers**. Part III: Power Apparatus and Systems, v. 77, n. 3, p. 738-746, 1958.

SUSTAINABLE ENERGY HANDBOOK. 2016. Disponível em: <<https://europa.eu/capacity4dev/public-energy/minisite/sustainable-energy-handbook>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

TAORMINA, B. *et al.* A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 96, p. 380-391, 2018.

TAYLOR, H.; COZENS, J. The effects of tourism, beachfront development and increased light pollution on nesting loggerhead turtles *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) on Sal, Cape Verde Islands. **Zoologia Caboverdiana**, v.1, n.2, p.100-111, 2010.

TELEGEOGRAPHY. Submarine cable map 2017. Disponível em: <<http://submarine-cable-map-2017.telegeography.com/>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

UNDP. **World energy assessment:** Energy and the challenge of sustainability. New York: UNDP, 2000.

UNDP. **Human development report 2016:** Human development for everyone. New York: UNDP, 2016.

UN-OHRLS – Office of the High Representatives for the Least Developed Countries, Landlocked Developing Countries and Small Island Developing Countries. **Small Island Developing States:** Small islands big(ger) stakes. New York, 2011.

VAILLANCOURT, K. Electricity transmission and distribution. **Technology Brief E12.** IEA ETSAP, 2014. Disponível em: <[https://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/E12\\_el-t&d\\_KV\\_Apr2014\\_GSOK.pdf](https://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/E12_el-t&d_KV_Apr2014_GSOK.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2018.

VALENTINE, S. Emerging symbiosis: Renewable energy and energy security. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 4572-4578, 2011.



VELASCO, D.; TRUJILLO, C.; PENA, R. Power transmission in direct current. Future expectations for Colombia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 1, p. 759-765, 2011.

VIEIRA, H. Quadro institucional do setor de água e saneamento em Cabo Verde. 2017. Disponível em: <<http://www.ppa.pt/wp-content/uploads/2017/02/1.-P3LP-20170214-Apres-PCA-ANAS.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2018.

VIVO ENERGY. **Factsheet**. 2018. Disponível em: <[https://investors.vivoenergy.com/~/\\_media/Files/V/Vivo-Energy-IR/documents/vivoenergyfactsheet-10april2018.PDF](https://investors.vivoenergy.com/~/_media/Files/V/Vivo-Energy-IR/documents/vivoenergyfactsheet-10april2018.PDF)>. Acesso em: 17 set. 2018.

VIVODA, V. Evaluating energy security in the Asia-Pacific region: A novel methodological approach. **Energy Policy**, v. 38, p.5258-5263, 2010.

VON HIPPEL, D. et al. Energy security and sustainability in Northeast Asia. **Energy Policy**, v. 39, p. 6719-6730, 2011.

WESTERN LINK. News. Disponível em: < <http://www.westernhvdclink.co.uk/news-detail.aspx?newsID=120>>. Acesso em 18 dez. 2018.

WHO. **The cost of a polluted environment: 1.7 million child deaths a year, says WHO**. Geneva, 2017. Disponível em: <http://www.who.int/en/news-room/detail/06-03-2017-the-cost-of-a-polluted-environment-1-7-million-child-deaths-a-year-says-who>. Acesso em: 15 set. 2017.

WILLRICH, M. International energy issues and options. **Annual Review of Energy**, v. 1, p. 743-772, 1976.

WINZER, C. Conceptualizing energy security. **Energy Policy**, v. 46, p. 36-48, 2012.

WORLD BANK. Access to electricity. 2018. Disponível em: <[https://data.worldbank.org/indicator/eg.elc.accs.zs?year\\_high\\_desc=false](https://data.worldbank.org/indicator/eg.elc.accs.zs?year_high_desc=false)>. Acesso em 05 set. 2018.

WORLD BANK. **Cape Verde Fuels imports by country 2016**. 2018. Disponível em: <[https://wits.worldbank.org/CountryProfile/en/Country/CPV/Year/2016/TradeFlow/Import/Partner/by-country/Product/27-27\\_Fuels](https://wits.worldbank.org/CountryProfile/en/Country/CPV/Year/2016/TradeFlow/Import/Partner/by-country/Product/27-27_Fuels)>. Acesso em: 17 set. 2018.

WORLD BANK. **CO2 emissions (metric tons per capita)**. 2018. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicator/en.atm.co2e.pc>>. Acesso em: 15 set. 2018.

WORLD BANK. **Global Economic Prospects: Broad-based upturn, but for how long?** Washington: World Bank, 2018.

WOO, J.; KIM, D.; NA, W. Damage assessment of a tunnel-type structure to protect submarine power cables during anchor collisions. **Marine Structures**, v. 44, p. 19-42.

WORZYK, T. **Submarine power cables: design, installation, repair, environmental aspects**. Springer, Berlin, 2009.

YERGIN, D. Ensuring energy security. **Foreign Affairs**, v. 85, n. 2, p. 69, 2006.

ZWEIG, S. **Decisive moments in history**. Twelve historical miniatures. Ariadne Press, 1999.

## **APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NAS ENTREVISTAS**

### **Construção de um índice de segurança energética para Cabo Verde**

Este questionário é parte de uma dissertação de mestrado que estuda a segurança energética em Cabo Verde. Trata-se de um projeto em conjunto entre a Universidade de Brasília (Brasil) e a Universidade de Cabo Verde (Cabo Verde). O objetivo da pesquisa é construir um índice de segurança energética que permita medir, avaliar e comparar diferentes alternativas energéticas para Cabo Verde.

A pesquisa será feita em duas fases. A 1ª consiste justamente em responder a este questionário. A 2ª fase ocorrerá após a compilação de todos os questionários respondidos, quando os participantes da pesquisa terão acesso aos resultados médios de cada resposta e terão a oportunidade de alterar as respostas que deram na 1ª fase. Os resultados finais da pesquisa, obtidos ao final da 2ª fase serão disponibilizados para todos os participantes.

Ressalta-se que poderão ocorrer diferenças na grafia de algumas palavras em função das diferenças entre o português brasileiro e o português cabo-verdiano.

### **Parte 1**

Primeiramente, você poderia por favor preencher seus dados abaixo. Embora a lista de respondentes vá ser disponibilizada na versão final do estudo, as respostas individuais não serão divulgadas.

1. Nome:
2. Profissão / Cargo:
3. Organização / Empresa:
4. Gênero:
5. Idade:
6. Escolaridade:

7. Como você classifica o seu conhecimento a respeito do setor de energia em Cabo Verde:
- a. \_\_\_\_ Conheço profundamente
  - b. \_\_\_\_ Conheço em um nível mediano
  - c. \_\_\_\_ Conheço superficialmente
  - d. \_\_\_\_ Apenas gosto do tema.
8. Qual das situações a seguir melhor representam sua experiência no setor de energia:
- a. \_\_\_\_ Estudo / Trabalho no setor de energia a mais de 3 anos
  - b. \_\_\_\_ Estudo / Trabalho no setor de energia a menos de 3 anos
  - c. \_\_\_\_ Estudo / Trabalho com um tema relacionado ao setor de energia (sustentabilidade, meio ambiente, transportes, poluição, entre outros)
  - d. \_\_\_\_ Outro  
(descrever) \_\_\_\_\_

## Parte 2: Instruções para as repostas

A segurança energética é um conceito trabalhado pelos seres humanos desde a descoberta do fogo, há 200 mil anos. Na academia, ela começou a ser estudada após a crise do petróleo na década de 1970, ganhando destaque a partir do início do século XXI. Contudo, os autores que tratam deste tema não conseguem chegar a um consenso sobre o que é segurança energética, quais são os seus limites e qual é a melhor maneira de mensurá-la.

Muitos destes autores entendem que a definição do que é segurança energética e de quais seriam as suas principais dimensões depende do contexto geográfico e histórico em que este conceito é aplicado. O presente estudo adota esta linha teórica e busca justamente identificar quais seriam as principais dimensões da segurança energética para o contexto de Cabo Verde.

Ao longo do questionário, serão apresentadas as cinco dimensões da segurança energética identificadas por Sovacool e Mukherjee (2011) para o contexto global. Serão indicadas também as componentes de cada uma destas dimensões. **Você deve distribuir 100 pontos entre as dimensões, dando mais pontos para aquelas que julgar mais importantes para Cabo Verde.** O mesmo procedimento deve ser repetido para as componentes de cada dimensão. Mas neste caso os 100 pontos

serão distribuídos apenas entre as componentes de uma mesma dimensão, e não sobre o conjunto de todas as componentes.


Para cada dimensão e componente, será apresentada uma descrição do que ela significa. Além disso, serão indicados também alguns dados de Cabo Verde que estão relacionados à dimensão ou à componente em questão. **Tratam-se de dados complementares que visam apenas auxiliá-lo, mas eles não são fundamentais para a resposta. O mais importante para responder ao questionário é a sua experiência.** Os dados foram obtidos em documentos oficiais do governo de Cabo Verde, relatórios de empresas de energia cabo-verdianas, artigos científicos e documentos de organismos internacionais. A lista completa das referências utilizadas está disponível no final do questionário.

A seguir apresenta-se um exemplo de como o questionário deve ser respondido:

**Exemplos:**


Neste caso, entende-se que dimensão 4 é a mais importante e a dimensão 1 a menos importante para o país.

Dimensão	Descrição	Pontuação	Dados auxiliares
1	Descrição da dimensão 1	20	Dados auxiliares da dimensão 1
2	Descrição da dimensão 2	30	Dados auxiliares da dimensão 2
3	Descrição da dimensão 3	7	Dados auxiliares da dimensão 3
4	Descrição da dimensão 4	43	Dados auxiliares da dimensão 4

 **Soma igual a 100**


Além disso, entende-se que todas as componentes da dimensão 1 têm a mesma importância para o país.

Dimensão 1			
Componente	Descrição	Pontuação	Dados auxiliares
1.1	Descrição da componente 1.1	25	Dados auxiliares da componente 1.1
1.2	Descrição da componente 1.2	25	Dados auxiliares da componente 1.2
1.3	Descrição da componente 1.3	25	Dados auxiliares da componente 1.3
1.4	Descrição da componente 1.4	25	Dados auxiliares da componente 1.4

 **Soma igual a 100**

Por fim, entende-se que a componente 2.1 tem mais importância para o país que as demais componentes da dimensão 2 e que a componente 2.2 não tem qualquer importância.

<b>Dimensão 2</b>			
<b>Componente</b>	<b>Descrição</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Dados auxiliares</b>
2.1	Descrição da componente 2.1	<b>84</b>	Dados auxiliares da componente 2.1
2.2	Descrição da componente 2.2	<b>0</b>	Dados auxiliares da componente 2.2
2.3	Descrição da componente 2.3	<b>16</b>	Dados auxiliares da componente 2.3

 **Soma igual a 100**

<b>Dimensão</b>	<b>Descrição</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Dados auxiliares</b>
(1) Disponibilidade	Ter um suprimento de energia suficiente para atender as necessidades energéticas do país; promover a diversificação das fontes de energia; usar os recursos disponíveis domesticamente para garantir a independência energética.		Em 2016, o país gerou 443 GWh de energia elétrica. Destes, 81,5% foram gerados a partir de fontes fósseis e 19,5% de fontes renováveis. Cabo Verde não possui reservas de petróleo, sendo necessário importar todos os combustíveis fósseis consumidos no país. Entre 2012 e 2016, as importações de combustíveis fósseis corresponderam a 14,24% de todos os bens importados. A dependência energética do exterior é da ordem de 75%.
(2) Acessibilidade	Produzir e fornecer serviços energéticos ao menor custo possível; ter preços previsíveis para os combustíveis e para a energia elétrica; garantir o acesso igualitário a serviços energéticos de qualidade.		O preço médio da eletricidade em Cabo Verde em 2018 era de aproximadamente 0,32 US\$/kWh. Este é um valor elevado, tanto para os padrões mundiais quanto para a África. Aproxima-se dos preços mais caros do mundo, como Alemanha, Austrália e Dinamarca. O preço da eletricidade é estável. Em 2016, houve apenas três alterações na tarifa de energia elétrica, correspondendo a uma diminuição de 17% em relação ao valor de 2015. O acesso à energia em 2017 era de 90,1% da população, acima da média mundial de 87,3% e bem acima da maior parte dos países africanos. Ainda existem redes municipais desconectadas da rede principal. Nestes locais, a eletricidade fica disponível por apenas 4 ou 6 horas, geralmente à noite. Com relação aos combustíveis, verifica-se que tanto o preço da gasolina (1,43 US\$/litro), quanto do gásóleo (diesel) (1,17 US\$/litro) no posto de venda estão acima da média mundial (1,16 e 1,06 US\$/litro, respectivamente). Estes preços são também muito voláteis, acompanhando as variações do preço do petróleo no mercado internacional, que podem chegar a 40% entre um mês e outro.
(3) Desenvolvimento Tecnológico e Eficiência	Capacidade de adaptação e resposta a eventos a perturbações (por exemplo terremotos ou ataques terroristas); pesquisa e desenvolvimento de tecnologias novas e inovadoras; investimentos em infraestrutura e manutenção;		Em 2016, ocorreram 306 blackouts, correspondendo a um total de 7164 minutos de falta de fornecimento de energia. Foram 83 blackouts apenas na ilha de São Nicolau. As ilhas funcionam como sistemas isolados, sem conexão entre si ou com o continente africano. Eventos naturais podem impactar o fornecimento de energia. Em 2015, o furacão Fred causou a queda de postes e deixou a ilha da Boa Vista sem energia elétrica por algumas horas.

Dimensão	Descrição	Pontuação	Dados auxiliares
	entrega de serviços energéticos de qualidade e confiáveis.		<p>As perdas técnicas e não técnicas na distribuição de energia em Cabo Verde chegam a mais de 25% de toda a energia produzida. Estas perdas ficam entre 4 e 12% em países desenvolvidos.</p> <p>O investimento do governo de Cabo Verde no setor de combustíveis e energia foi da ordem de US\$ 13,5 milhões por ano entre 2012 e 2016. A Electra SARL investiu em média US\$ 23 milhões por ano entre 2013 e 2017 na manutenção, ampliação e modernização das usinas geradoras de energia e da rede de transmissão e distribuição de energia. No mesmo período, a Enacol investiu em média US\$ 2,5 milhões por ano em inovação, manutenção e expansão.</p> <p>Cabo Verde já recebeu muitos investimentos estrangeiros para o desenvolvimento das energias renováveis no país, notadamente a energia eólica e a solar.</p> <p>O governo de Cabo Verde indicou no Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável (2017) que pretende tomar medidas para aumentar a inovação, investir em infraestrutura e melhorar a eficiência do setor de energia.</p>
(4) Sustentabilidade ambiental e social	Minimizar o desmatamento e a degradação da terra; possuir água em quantidade suficiente e com qualidade adequada; minimizar a poluição; mitigar a emissão de gases de efeito estufa; adaptação às mudanças climáticas.		<p>Em 2016, 25,2% da população de Cabo Verde utilizava a lenha como a principal fonte de energia para cozinhar, o que tem impacto direto no desmatamento, que é um dos principais fatores de perda de biodiversidade no país. Em sua Contribuição Nacionalmente Determinada Pretendida (NDC), que Cabo Verde enviou à ONU em 2017, o país se compromete a eliminar o uso de lenha para cozinhar até 2025.</p> <p>O uso de combustíveis fósseis em Cabo Verde resultou na emissão de 227.242 tonCO<sub>2eq</sub> no setor de energia em 2017 e de 262.634 tonCO<sub>2eq</sub> no setor de transportes em 2010. As emissões de carbono <i>per capita</i> estão na média dos países subsaarianos, 0,9 ton/habitante.</p> <p>A queima de combustíveis fósseis é a principal fonte de poluição do ar e uma das principais causas de doenças respiratórias. Anualmente, 570 mil crianças morrem em todo mundo por doenças associadas à poluição do ar, principalmente infecções respiratórias.</p>



Dimensão	Descrição	Pontuação	Dados auxiliares
			<p>Elas estão também entre uma das duas principais causas de morte de crianças abaixo de 5 anos em Cabo Verde.</p> <p>A água não é utilizada para geração de energia no país. As centrais termelétricas do país não utilizam nem impactam significativamente os recursos hídricos. A dessalinização fornece a maior parte da água para consumo. O país tem capacidade para dessalinizar 35.120 m<sup>3</sup> de água por dia. Estima-se um consumo de 3,75 kWh/m<sup>3</sup> neste processo. 8,4% de toda a energia gerada pela Electra em 2017 foi utilizada para a dessalinização de água.</p>
(5) Regulamentação e governança	Ter um sistema estável, transparente e participativo de criação de políticas públicas de energia; ter mercados competitivos; participar dos mercados internacionais de energia e combustíveis; promover o acesso à informação sobre questões relacionadas à energia.		<p>A responsabilidade pelo setor de energia sofreu diversas mudanças desde 2003, passando por 5 ministérios e 4 direções diferentes. No entanto, as atribuições das direções responsáveis pela política energética permaneceram praticamente as mesmas em todo o período.</p> <p>A regulação das tarifas de energia e do preço máximo dos combustíveis é feita pela Agência de Regulação Económica, entidade independente do governo em suas atividades de regulação.</p> <p>A Electra SA produziu quase 75% e distribuiu mais de 90% da energia elétrica de Cabo Verde em 2016.</p> <p>No setor de combustíveis, as empresas Enacol e Vivo Energy detém aproximadamente 60% e 40% do mercado, respectivamente.</p> <p>Cabo Verde não participa de qualquer mercado internacional de energia elétrica, por estar isolado eletricamente do continente africano. Contudo, o país participa ativamente do mercado internacional de combustíveis.</p> <p>Dados sobre o setor de energia são divulgados periodicamente por diversos órgãos, como o Instituto Nacional de Estatística e a Agência de Regulação Económica. As principais empresas do setor também divulgam anualmente relatórios detalhados sobre sua operação.</p>

<b>Dimensão 1 - Disponibilidade</b>			
<b>Componente</b>	<b>Descrição</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Dados auxiliares</b>
(1.1) Segurança do fornecimento e da produção	Garantir um suprimento de energia suficiente para atender as necessidades energéticas do país.		Em 2016, o país possuía uma potência instalada de 212,18 MW e gerou 443 GWh de energia elétrica, suficiente para atender a demanda.
(1.2) Dependência	Grau de dependência da importação de combustíveis e/ou eletricidade de outros países.		A dependência energética do exterior é da ordem de 75%. Cabo Verde não possui reservas de petróleo, sendo necessário importar todos os combustíveis fósseis consumidos no país. Entre 2012 e 2016, as importações de combustíveis fósseis corresponderam a 14,24% de todos os bens importados.
(1.3) Diversificação	Diversidade de tipos de fontes de geração de energia dentro da matriz energética; quantidade e dispersão geográfica das instalações de energia, como centrais de geração de eletricidade e infraestruturas de armazenamento de combustíveis		81,4% da energia elétrica foi gerada a partir de fontes fósseis e 17,3% de fontes eólicas e 1,3% de fontes solares. As centrais geradoras apresentam pouca dispersão geográfica, uma vez que não há interligação elétrica entre as ilhas. As infraestruturas de armazenamento de combustíveis estão concentradas em 3 ilhas: Sal, São Vicente e Santiago.

<b>Dimensão 2 - Acessibilidade</b>			
<b>Componente</b>	<b>Descrição</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Dados auxiliares</b>
(2.1) Estabilidade dos preços	Preços de eletricidade e combustíveis com baixa volatilidade.		O preço da eletricidade é estável. Em 2016, houve apenas três alterações na tarifa de energia elétrica, correspondendo a uma diminuição de 17% em relação ao valor de 2015. Os preços dos combustíveis são muito voláteis, acompanhando as variações do preço do petróleo no mercado internacional, que podem chegar a 40% entre um mês e outro.
(2.2) Acesso e equidade	Garantia do acesso equitativo aos serviços energéticos.		O acesso à energia em 2017 era de 90,1% da população, acima da média mundial de 87,3% e bem acima da maior parte dos países africanos.
(2.3) Descentralização	Viabilização do acesso à energia elétrica em comunidades isoladas da rede de distribuição principal; incentivo à geração distribuída.		Ainda existem redes municipais desconectadas da rede principal. Nestes locais, a eletricidade fica disponível por apenas 4 ou 6 horas, geralmente à noite. Existe mais de 1 MW de micro-geradores fotovoltaicos instalados em Cabo Verde. Contudo, a maior parte destes sistemas não segue o enquadramento legal.
(2.4) Acessibilidade econômica	Fornecimento de energia a preços acessíveis.		O preço médio da eletricidade em Cabo Verde em 2018 era de aproximadamente 0,32 US\$/kWh. Este é um valor elevado, tanto para os padrões mundiais quanto para a África. Aproxima-se dos preços mais caros do mundo, como Alemanha, Austrália e Dinamarca. Com relação aos combustíveis, verifica-se que tanto o preço da gasolina (1,43 US\$/litro), quanto do gásóleo (diesel) (1,17 US\$/litro) no posto de venda estão acima da média mundial (1,16 e 1,06 US\$/litro, respectivamente).

<b>Dimensão 3 – Desenvolvimento Tecnológico e Eficiência</b>			
<b>Componente</b>	<b>Descrição</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Dados auxiliares</b>
(3.1) Pesquisa e inovação	Pesquisa e desenvolvimento de tecnologias novas e inovadoras no setor de energia.		Cabo Verde recebeu, desde a década de 1970, muitos investimentos estrangeiros para o desenvolvimento das energias renováveis no país, notadamente a energia eólica e a solar. O governo de Cabo Verde indicou no Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável (2017) que pretende tomar medidas para aumentar a inovação, investir em infraestrutura e melhorar a eficiência do setor de energia. As principais universidades do país têm cursos superiores e técnicos na área de energia.
(3.2) Segurança e confiabilidade	Entrega de serviços energéticos de qualidade e confiáveis.		Em 2016, ocorreram 306 blackouts, correspondendo a um total de 7164 minutos de falta de fornecimento de energia. Foram 83 blackouts apenas na ilha de São Nicolau.
(3.3) Resiliência e capacidade adaptativa	Capacidade de adaptação e resposta a eventos a perturbações (por exemplo terremotos ou ataques terroristas)		As ilhas funcionam como sistemas isolados, sem conexão entre si ou com o continente africano. Eventos naturais podem impactar o fornecimento de energia. Em 2015, o furacão Fred causou a queda de postes e deixou a ilha da Boa Vista sem energia elétrica por algumas horas.
(3.4) Eficiência e intensidade energética	Eficiência do setor energético e intensidade energética da economia.		As perdas técnicas e não técnicas na distribuição de energia em Cabo Verde chegam a mais de 25% de toda a energia produzida. Estas perdas ficam entre 4 e 12% em países desenvolvidos. Cabo Verde apresenta uma baixa intensidade energética (relação entre o consumo primário de energia e o PIB), abaixo da média mundial e da média dos países da África Subsaariana.
(3.5) Investimento e emprego	Investimentos em infraestrutura e manutenção e geração de emprego no setor energético.		O investimento do governo de Cabo Verde no setor de combustíveis e energia foi da ordem de US\$ 13,5 milhões por ano entre 2012 e 2016. A Electra SARL investiu em média US\$ 23 milhões por ano entre 2013 e 2017 na manutenção, ampliação e modernização das usinas geradoras de energia e da rede de transmissão e distribuição de energia. No mesmo período, a Enacol investiu em média US\$ 2,5 milhões por ano em inovação, manutenção e expansão. Cabo Verde recebeu muitos investimentos estrangeiros para o desenvolvimento das energias renováveis no país, notadamente a energia eólica e a solar. Do total de pessoas empregadas, 0,7% trabalham no setor de energia.

<b>Dimensão 4 – Sustentabilidade Ambiental e Social</b>			
<b>Componente</b>	<b>Descrição</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Dados auxiliares</b>
(4.1) Uso da terra	Minimização do desmatamento e da degradação da terra.		Em 2016, 25,2% da população de Cabo Verde utilizava a lenha como a principal fonte de energia para cozinhar, o que tem impacto direto no desmatamento, que é um dos principais fatores de perda de biodiversidade no país. Em sua Contribuição Nacionalmente Determinada Pretendida (NDC), que Cabo Verde enviou à ONU em 2017, o país se compromete a eliminar o uso de lenha para cozinhar até 2025.
(4.2) Água	Garantia de que a população tenha água em quantidade suficiente e com qualidade adequada; uso da água para geração de energia; poluição da água pela atividade do setor energético.		A água não é utilizada para geração de energia no país. As centrais termelétricas do país não utilizam nem impactam significativamente os recursos hídricos. A dessalinização fornece a maior parte da água para consumo. O país tem capacidade para dessalinizar 35.120 m <sup>3</sup> de água por dia. Estima-se um consumo de 3,75 kWh/m <sup>3</sup> neste processo. 8,4% de toda a energia gerada pela Electra em 2017 foi utilizada para a dessalinização de água.
(4.3) Mudanças climáticas	Mitigação da emissão de gases de efeito estufa; adaptação às mudanças climáticas.		O uso de combustíveis fósseis em Cabo Verde resultou na emissão de 227.242 tonCO <sub>2eq</sub> no setor de energia em 2017 e de 262.634 tonCO <sub>2eq</sub> no setor de transportes em 2010. As emissões de carbono <i>per capita</i> estão na média dos países subsaarianos, 0,9 ton/habitante.
(4.4) Poluição	Redução da poluição produzida pelo setor energético.		Os combustíveis fósseis são amplamente utilizados em Cabo Verde, seja pra geração de energia elétrica, seja nos transportes. A queima de combustíveis fósseis é a principal fonte de poluição do ar e uma das principais causas de doenças respiratórias. Anualmente, 570 mil crianças morrem em todo mundo por doenças associadas à poluição do ar, principalmente infecções respiratórias. Elas estão também entre uma das duas principais causas de morte de crianças abaixo de 5 anos em Cabo Verde.

<b>Dimensão 5 – Regulamentação e Governança</b>			
<b>Componente</b>	<b>Descrição</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Dados auxiliares</b>
(5.1) Governança	Ter um sistema estável, transparente e participativo de criação de políticas públicas de energia.		A responsabilidade pelo setor de energia sofreu diversas mudanças desde 2003, passando por 5 ministérios e 4 direções diferentes. No entanto, as atribuições das direções responsáveis pela política energética permaneceram praticamente as mesmas em todo o período. A regulação das tarifas de energia e do preço máximo dos combustíveis é feita pela Agência de Regulação Económica, entidade independente do governo em suas atividades de regulação.
(5.2) Comércio interconectividade regional	Participar dos mercados internacionais de energia e combustíveis.		Cabo Verde não participa de qualquer mercado internacional de energia elétrica, por estar isolado eletricamente do continente africano. Contudo, o país participa ativamente do mercado internacional de combustíveis.
(5.3) Mercados competitivos	Ter mercados competitivos.		A Electra SA produziu quase 75% e distribuiu mais de 90% da energia elétrica de Cabo Verde em 2016. No setor de combustíveis as empresas Enacol e Vivo Energy detém aproximadamente 60% e 40% do mercado, respectivamente.
(5.4) Conhecimento e acesso à informação	Promover o acesso à informação sobre questões relacionadas à energia.		Dados sobre o setor de energia são divulgados periodicamente por diversos órgãos, como o Instituto Nacional de Estatística e a Agência de Regulação Económica. As principais empresas do setor também divulgam anualmente relatórios detalhados sobre sua operação.

## APÊNDICE B – FÓRMULA DE CÁLCULO DOS INDICADORES

Apresentam-se nesta seção as fórmulas de cálculo dos indicadores utilizados na composição do ISECV da seção 5. Não são apresentadas fórmulas para os indicadores cujo valor utilizado é encontrado diretamente nas bases de dados de referência.

### a) 1.1.1 Autossuficiência

$$\text{Autossuficiência} = \frac{G_L}{G_T} \quad (2)$$

$G_L$  = Geração de energia elétrica com recursos locais em um determinado ano;

$G_T$  = Geração total de energia elétrica em um determinado ano.

### b) 1.3.1 Diversificação na produção de eletricidade

$$\text{Diversificação} = - \sum_{i=1}^K p_i \ln(p_i) \quad (3)$$

$$p_i = \frac{\text{Energia}_i}{\text{Energia}_{\text{Total}}} \quad (4)$$

$\text{Energia}_i$  = energia elétrica gerada pela fonte  $i$  em GWh em um determinado ano;

$\text{Energia}_{\text{Total}}$  = energia elétrica total gerada no país em GWh em um determinado ano;

$K$  = total de fontes de energia diferentes na matriz energética elétrica do país em um determinado ano.

### c) 1.3.2 Dispersão geográfica das fontes de geração de energia elétrica<sup>24</sup>

$$\text{Dispersão} = - \sum_{i-j}^k \frac{\text{dist}_{i-j} \times n_i \times n_j}{\left[ (n_i + n_j)^2 - (n_i + n_j) \right] / 2} \quad (5)$$

$$\text{dist}_{i-j} = \begin{cases} \text{dist}_{i-j}, & \text{se } P_{i-j} \leq 11\% \\ 0, & \text{se } P_{i-j} > 11\% \end{cases} \quad (6)^{25}$$

<sup>24</sup> Adaptado de O'Leary e Cumming (2007).

<sup>25</sup> Considerou-se o valor de 11% como o máximo aceitável para as perdas na transmissão, visto que este é o valor médio para países da África subsaariana (VAILLANCOURT, 2014).

$$P_{i-j} = distLT_{i-j} \times 0,2 + distCABO_{i-j} \times 0,04 \quad (7)^{26}$$

$dist_{i-j}$  = distância entre a fonte de energia elétrica i e a fonte de energia elétrica j em km em um determinado ano;

$n_i$  = potência instalada da central elétrica i em kW em um determinado ano;

$n_j$  = potência instalada da central elétrica j em kW em um determinado ano;

$k$  = número total de centrais de geração de energia elétrica no país em um determinado ano;

$P_{i-j}$  = perdas estimadas na transmissão entre as centrais elétricas i e j em porcentagem da energia transmitida em um determinado ano;

$distLT_{i-j}$  = distância estimada que seria percorrida por linhas de transmissão aéreas para interligar as centrais elétricas i e j em um determinado ano;

$distCABO_{i-j}$  = distância estimada que seria percorrida por cabos de energia submarinos para interligar as centrais elétricas i e j em um determinado ano.

#### d) 2.1.1 Volatilidade do preço dos combustíveis e da tarifa de eletricidade<sup>27</sup>

$$Volatilidade(\%) = \frac{Vol_{combust} + Vol_{eletric}}{2} \quad (8)$$

$$Vol_{combust} = \frac{\sum_{j=1}^k (VolC_j \times Consumo_j)}{Consumo_{TOTAL}} \quad (9)$$

$$VolC_j = 100 \times \sqrt{12} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} (X_{ji} - \bar{X}_j)^2}{12}} \quad (10)$$

$$X_{ij} = \log_{10}(Pc_{ji}) - \log_{10}(Pc_{ji-1}) \quad (11)$$

$$\bar{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^{12} X_{ji}}{12} \quad (12)$$

$$Vol_{eletric} = 100 \times \sqrt{12} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} (Y_i - \bar{Y})^2}{12}} \quad (13)$$

$$Y_i = \log_{10}(Pe_i) - \log_{10}(Pe_{i-1}) \quad (14)$$

<sup>26</sup> Considerou-se uma perda de potência de 0,2% da potência transmitida por km em linhas de transmissão aéreas com tensão de 60kV (maior nível de tensão existente em Cabo Verde) e uma perda de potência de 0,04% da potência transmitida por km em cabos de energia submarinos de 60kV (tensão proposta neste trabalho para os cabos de energia submarinos em Cabo Verde) (BRAKELMANN, 2003; SUSTAINABLE ENERGY HANDBOOK, 2016).

<sup>27</sup> Calculado conforme indicado em

[https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/volatility\\_methodology.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/volatility_methodology.pdf).



$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{12} X_i}{12} \quad (15)$$

$Vol_{combust}$  = volatilidade do preço dos combustíveis em porcentagem em um determinado ano;

$VolC_j$  = volatilidade do preço do combustível do tipo j em porcentagem em um determinado ano;

$Consumo_j$  = consumo do combustível do tipo j em litros em um determinado ano;

$Consumo_{TOTAL}$  = consumo total de combustíveis em litros em um determinado ano;

k = número de tipos de combustíveis vendidos em um determinado ano;

$Pc_{ij}$  = preço do combustível j em escudos cabo-verdianos no mês i do ano de referência;

$Vol_{eletric}$  = volatilidade da tarifa de eletricidade em % em um determinado ano;

$Pe_i$  = preço médio da tarifa de eletricidade em escudos cabo-verdianos no mês i do ano de referência.

#### e) 2.4.1 Relação entre renda e gasto com energia

$$Afordabilidade = \frac{PIB_{per\ capita}}{Preço_{médio}} \quad (16)$$

$$Preço_{médio} = \frac{Preço_{combust} + Preço_{eletric}}{2} \quad (17)$$

$$Preço_{combust} = \frac{\sum_{j=1}^k (PreçoC_j \times Consumo_j)}{Consumo_{TOTAL}} \quad (18)$$

$$PreçoC_j = \frac{\sum_{i=1}^{12} (PreçoC_{ij})}{12} \quad (19)$$

$$Preço_{eletric} = \frac{\sum_{i=1}^{12} (PreçoE_i)}{12} \quad (20)$$

$PIB_{per\ capita}$  = PIB *per capita* em escudos cabo-verdianos em um determinado ano;

$Preço_{combust}$  = preço médio anual dos combustíveis em escudos cabo-verdianos em um determinado ano;

$PreçoC_j$  = preço médio anual do combustível j em escudos cabo-verdianos em um determinado ano;

$Consumo_j$  = consumo do combustível do tipo j em litros em um determinado ano;

$Consumo_{TOTAL}$  = consumo total de combustíveis em litros em um determinado ano;

$PreçoC_{ij}$  = preço do combustível j em escudos cabo-verdianos no mês i do ano de referência;

$Preço_{eletric}$  = preço médio da tarifa média de eletricidade em escudos cabo-verdianos em um determinado ano;

$PreçoE_i$  = preço da tarifa média de eletricidade em escudos cabo-verdianos no mês i do ano de referência.

#### f) 3.2.1 Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)

$$CAIDI = \frac{Duração_{interrup}}{Quantidade_{interrup}} \quad (21)$$

$$Duração_{interrup} = \sum_{i=1}^9 Dur_i \times Ener_i \quad (22)$$

$$Quantidade_{interrup} = \sum_{i=1}^9 Qtd_i \times Ener_i \quad (23)$$

$Dur_i$  = duração das interrupções no fornecimento de energia na ilha i em minutos durante um ano;

$Qtd_i$  = quantidade de interrupções no fornecimento de energia na ilha i durante um ano;

$Ener_i$  = geração total de energia elétrica na ilha i em GWh em um determinado ano.

#### g) 3.3.1 Margem de capacidade elétrica

$$Margem = \sum_{i=1}^9 \left( \frac{Pot_i}{Pon_i} \right) \times \left( \frac{Ener_i}{Ener_T} \right) \quad (24)$$

$Pot_i$  = potência instalada na ilha i em kW em um determinado ano;

$Pon_i$  = ponta máxima de demanda na ilha i em kW em um determinado ano;

$Ener_i$  = geração total de energia elétrica na ilha i em GWh em um determinado ano;

$Ener_T$  = geração total de energia elétrica em Cabo Verde em GWh em um determinado ano.

#### h) 4.4.1 Emissões de GEE pela produção de eletricidade

$$Emissões = Termo \times 912 + Eólica \times 46 + Solar \times 216 \quad (25)^{28}$$

Emissões = emissões de GEE em toneladas em um determinado ano.

Termo = geração de energia por usinas termelétricas em GWh em um determinado ano;

Eólica = geração de energia por usinas eólicas em GWh em um determinado ano;

Solar = geração de energia por usinas fotovoltaicas em GWh em um determinado ano.

#### i) 4.4.1 Emissões de gases poluentes pela geração de eletricidade

$$Emissões = Termo \times (3,34 + 14,6 + 7,9 + 0,416 + 0,426 + 11,1 + 0,384) \quad (26)^{29}$$

Emissões = emissão de poluentes em toneladas em um determinado ano.

Termo = geração de energia por usinas termelétricas em GWh em um determinado ano.

#### j) 5.1.1 Governança do setor de energia

$$Governança = \sum_{i=1}^6 \frac{W_i}{6} \quad (27)$$

$W_i$  = *World Governance Indicator*<sup>30</sup> i em um determinado ano.

---

<sup>28</sup> Consideraram-se os seguintes fatores de emissão de GEE: 912 gCO<sub>2</sub>eq/kWh para usinas termelétricas (GARCIA et al., 2014), 46 gCO<sub>2</sub>eq/kWh para parques eólicos (ASDRUBALI et al., 2014) e 218 gCO<sub>2</sub>eq/kWh para usinas fotovoltaicas (NUGENT; SOVACOOOL, 2014).

<sup>29</sup> Consideraram-se as seguintes quantidades de emissão de poluentes pela geração de energia por fontes fósseis: 0,0033 kg/kWh de monóxido de carbono, 0,015 kg/kWh de óxido de nitrogênio não controlado, 0,0079 kg/kWh de óxido de nitrogênio controlado, 0,00042 kg/kWh de partículas de 2,5µm, 0,00043 kg/kWh de partículas de 10µm, 0,011 kg/kWh de dióxido de enxofre e 0,00038 kg/kWh de compostos orgânicos voláteis (AUSTRALIA, 2008).

<sup>30</sup> São ao todo cinco *World Governance Indicators* considerados pelo Banco Mundial: *voice and accountability*; *political stability and absence of violence/terrorism*; *government effectiveness*; *regulatory quality*; *rule of law*; *control of corruption*. Os indicadores estão disponíveis em <http://info.worldbank.org/governance/wgi/#home>.

**k) 5.2.1 Diversificação de país parceiro para importação de combustíveis fósseis**

$$Diversificação = - \sum_i^K p_i \ln(p_i) \quad (28)$$

$$p_i = \frac{Importação_i}{Importação_{Total}} \quad (29)$$

$Importação_i$  = importação de combustíveis fósseis do país i em toneladas em um determinado ano;

$Importação_{Total}$  = importação total de combustíveis fósseis em toneladas em um determinado ano;

K = total países de onde o país importou combustíveis fósseis em um determinado ano.

**l) 5.3.1 Diversificação de empresas de eletricidade**

$$Diversificação = - \sum_i^K p_i \ln(p_i) \quad (30)$$

$$p_i = \frac{Energia_i}{Energia_{Total}} \quad (31)$$

$Energia_i$  = energia elétrica gerada pela empresa i em GWh em um determinado ano;

$Energia_{Total}$  = energia elétrica total gerada em GWh em um determinado ano;

K = total de empresas geradoras de energia elétrica em um determinado ano.

**m) 5.4.1 Divulgação de balanços das empresas de eletricidade e de combustíveis**

$$Divulgação(\%) = \frac{Div_{combust} + Div_{eletric}}{2} \quad (32)$$

$$Div_{combust} = \frac{Emp_C}{Total_C} \quad (33)$$

$$Div_{eletric} = \frac{Emp_E}{Total_E} \quad (34)$$

$Emp_C$  = empresas do setor de combustíveis que divulgaram balanço em um determinado ano;

$Total_C$  = número total de empresas do setor de combustíveis em um determinado ano;

$Emp_E$  = empresas do setor de energia elétrica que divulgaram balanço em um determinado ano;

$Total_E$  = número total de empresas do setor de energia elétrica em um determinado ano;

## APÊNDICE C – ATORES RELEVANTES PARA O SETOR ENERGÉTICO DE CABO VERDE

Nº	Entrevistado	Participou da Pesquisa
1	Ministério de Indústria, Comércio e Energia (MICE)	Sim
2	Direção Nacional de Indústria, Comércio e Energia (DNICE)	Sim
3	Agência de Regulação Económica	Sim
4	Electra SA	Sim
5	Cabeólica SA	Sim
6	Água de Ponta Preta	Sim
7	Águas e Energia de Boavista	Não
8	Vivo Energy Cabo Verde	Sim
9	Enacol SA	Não
10	Centro para as Energias Renováveis e Eficiência Energética da CEDEAO (ECREEE)	Sim
11	Centro de Energias Renováveis e Manutenção Industrial (CERMI)	Sim
12	Universidade de Cabo Verde	Sim
13	Universidade Piaget Cabo Verde	Não
14	Universidade do Mindelo	Não
15	Electric Wind	Não
16	LuxDev	Sim
17	PNUD	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Cabo Verde (2014cc).

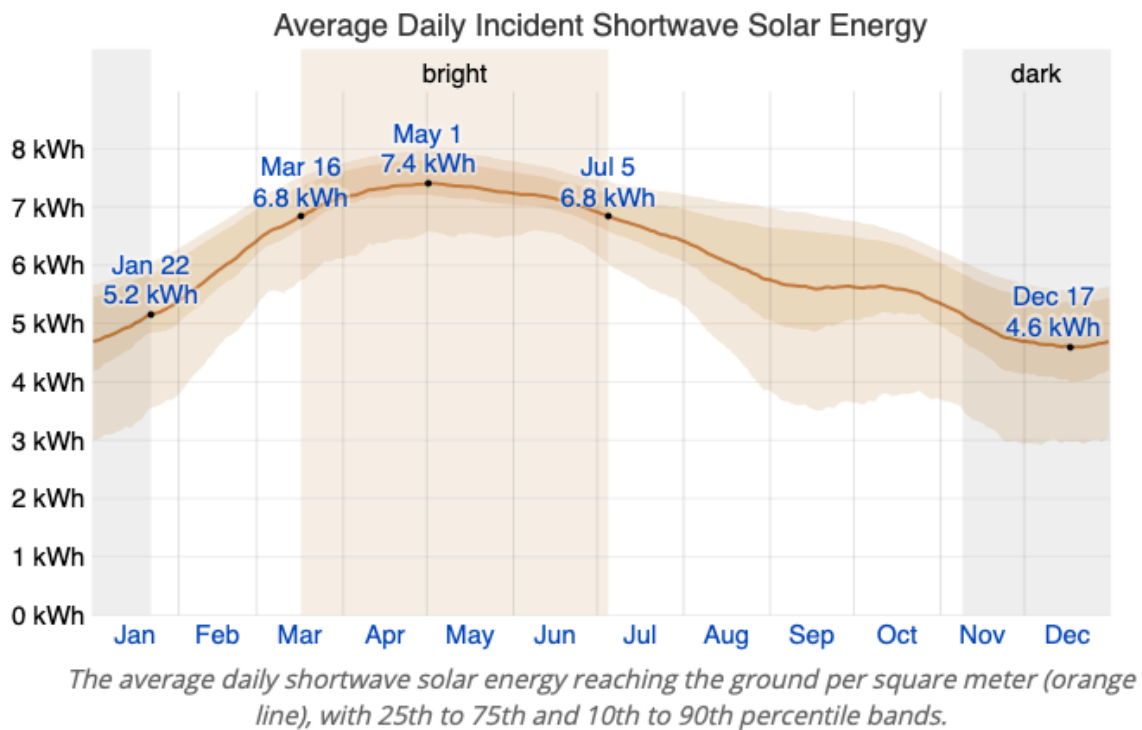
## APÊNDICE D – LISTA COMPLETA DOS ENTREVISTADOS

Nº	Entrevistado	Organização
1	Jorge Mendes Tavares, Docente Universitário	Universidade de Cabo Verde – Campus da Praia (Santiago)
2	Claudino Mendes, Docente Univeritário	
3	José Delgado, Técnico Especializado em energia	Agência de Regulação Económica
4	Filomeno Moreira, Engenheiro Eletrotécnico	LuxDev
5	Miriam Vera-Cruz, Conselheira Técnica Principal	
6	Damiã Pujol, Gerente	Água de Ponta Preta
7	Gilson Correia, Engenheiro Eletrotécnico e Administrador	Centro de Energias Renováveis e Manutenção Industrial (CERMI)
8	Rito Évora, Director Nacional	Direção Nacional de Indústria, Comércio e Energia (DNICE)
9	Ariel Cruz Assunção, Director Serviço Energia	Ministério de Indústria, Comércio e Energia (MICE)
10	Yuri Lima Handem, Coordenador Técnico do Projeto regional de eletricidade fora da rede (ROGEP)	Centro para as Energias Renováveis e Eficiência Energética da CEDEAO (ECREEE)
11	Maria Celeste Benchimol, Chefe do Departamento Ambiente e Redução de Riscos e Desastres	<i>Joint office</i> – ONU Cabo Verde (PNUD, UNICEF e UNFPA)
12	António Pina, Assessor do Conselho de Administração da Electra	Electra
13	Helder Andrade, <i>Technical Manager</i>	Cabeólica
14	Anildo Costa, Pesquisador/Consultor	Independente
15	Henrique Rendall Evora, Docente Universitário	Universidade de Cabo Verde – Campus de Mindelo (São Vicente)
16	Adilson Lopes, Responsável instalação	Vivo Energy Cabo Verde

Fonte: Elaborado pelo autor.

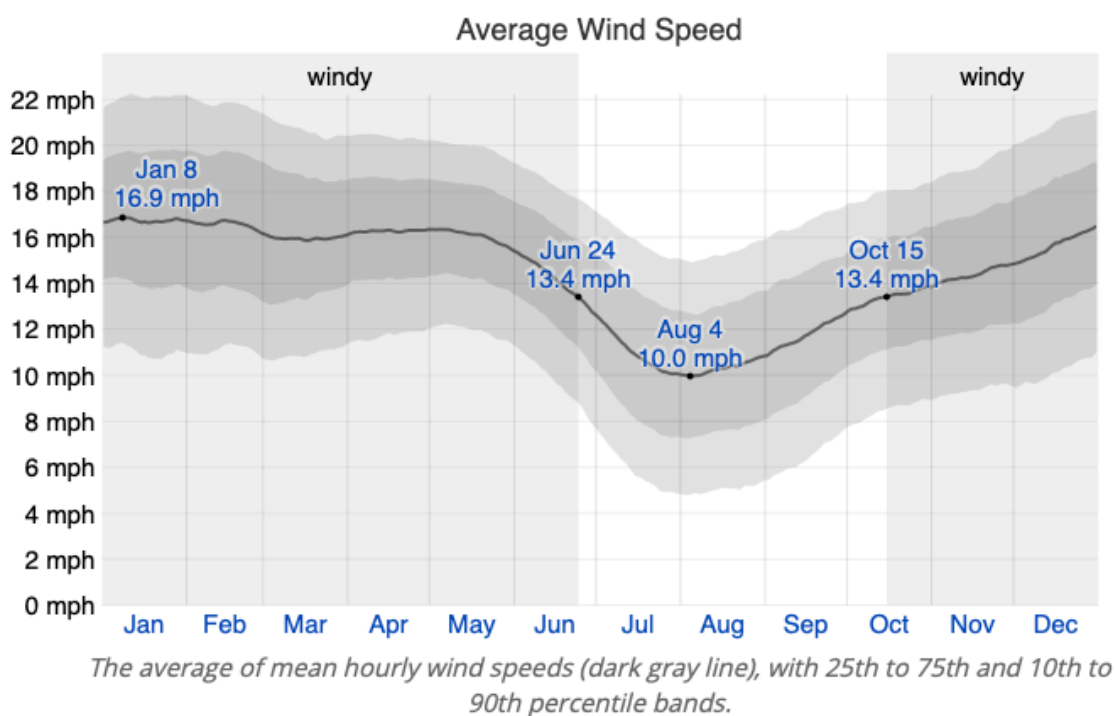
## ANEXO A – VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO E ENERGIA SOLAR INCEDENTE NAS ILHAS DE CABO VERDE

Figura AN.1 – Energia solar incidente na ilha da Boa Vista



Fonte: <https://weatherspark.com/>.

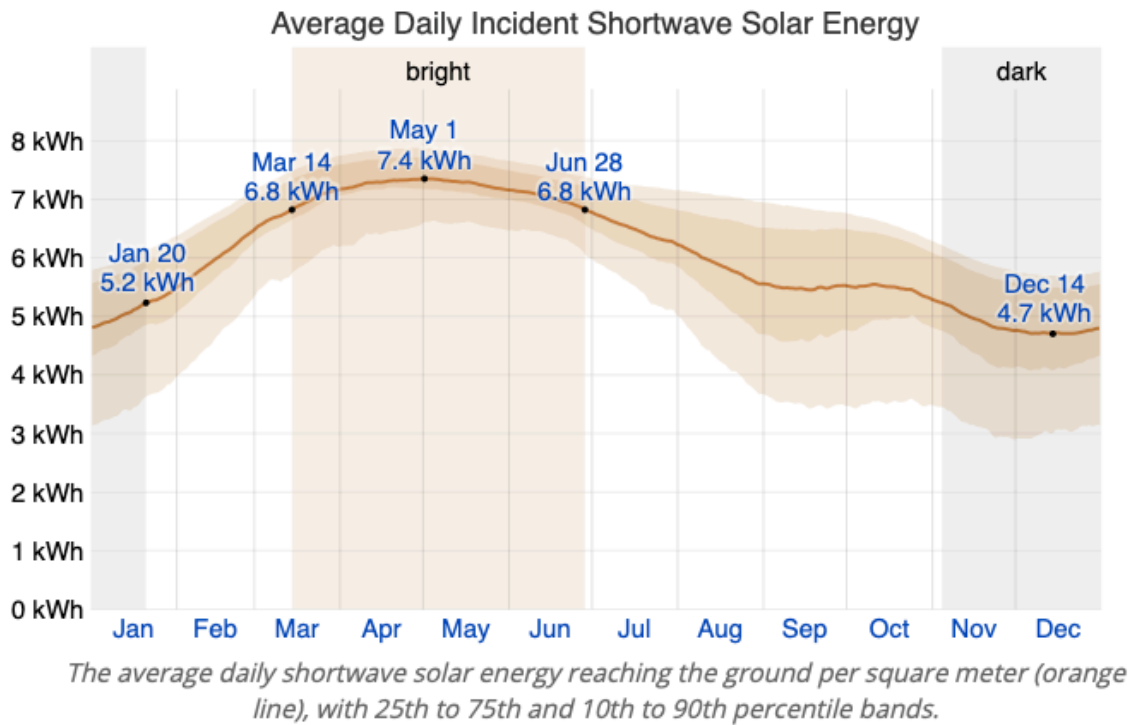
Figura AN.2 – Vento médio na ilha da Boa Vista



Fonte: <https://weatherspark.com/>.

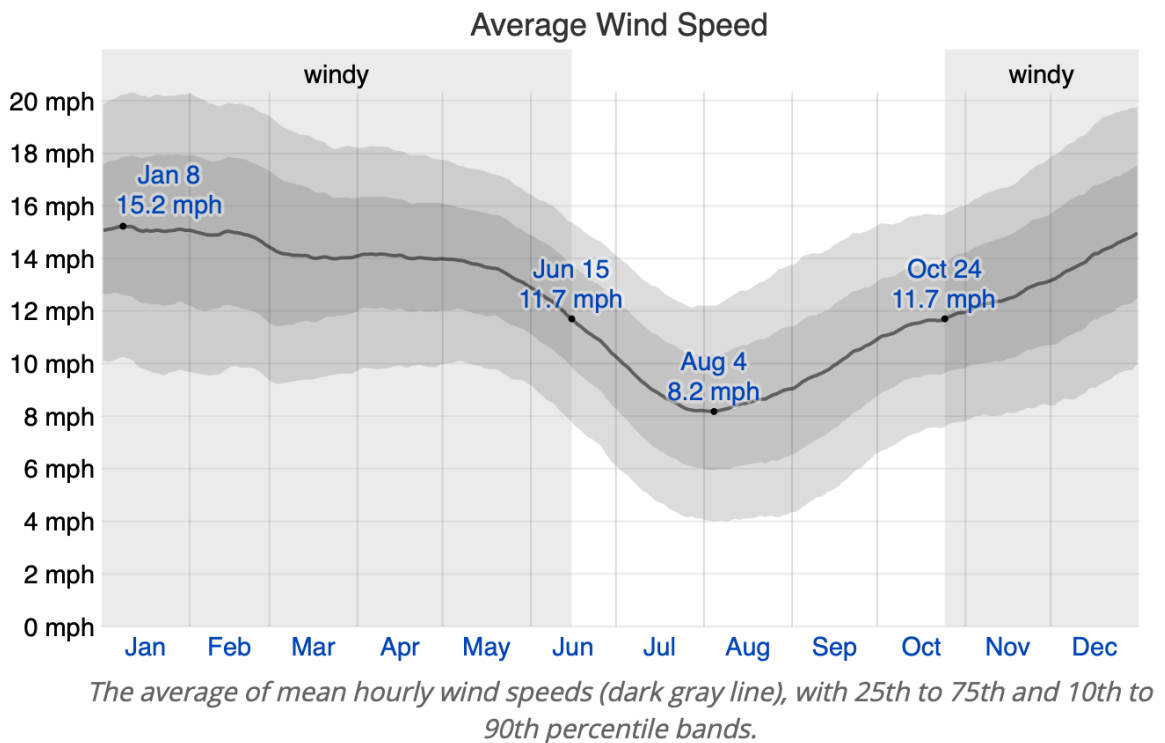


Figura AN.3 – Energia solar incidente na ilha Brava



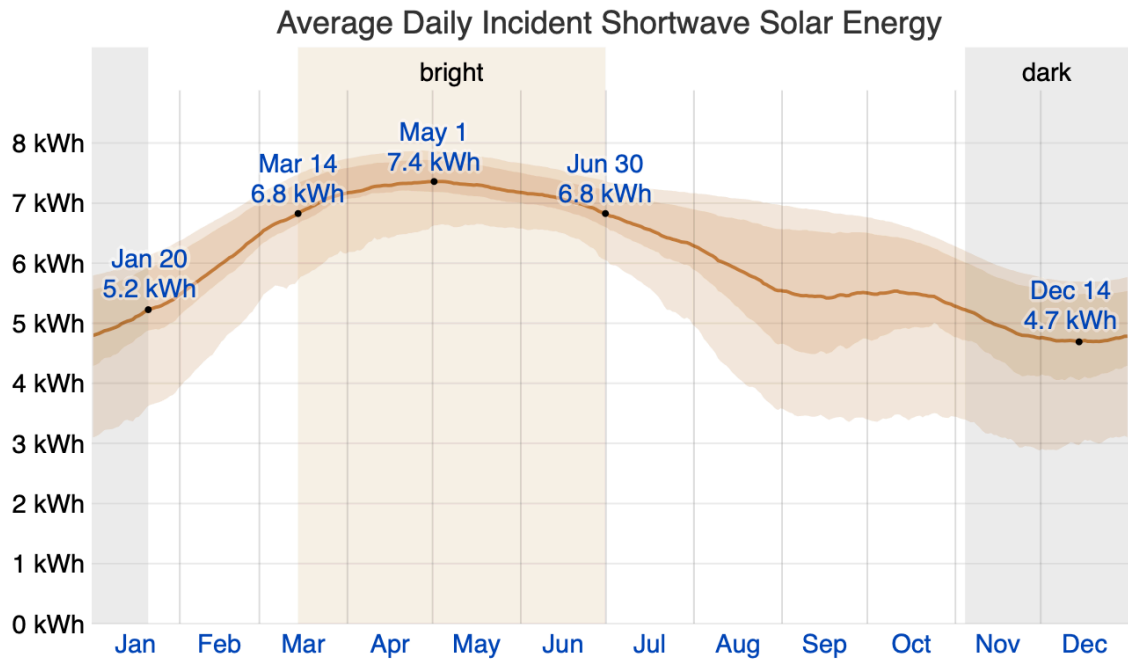
Fonte: <https://weatherspark.com/>.

Figura AN.4 – Vento médio na ilha Brava



Fonte: <https://weatherspark.com/>.

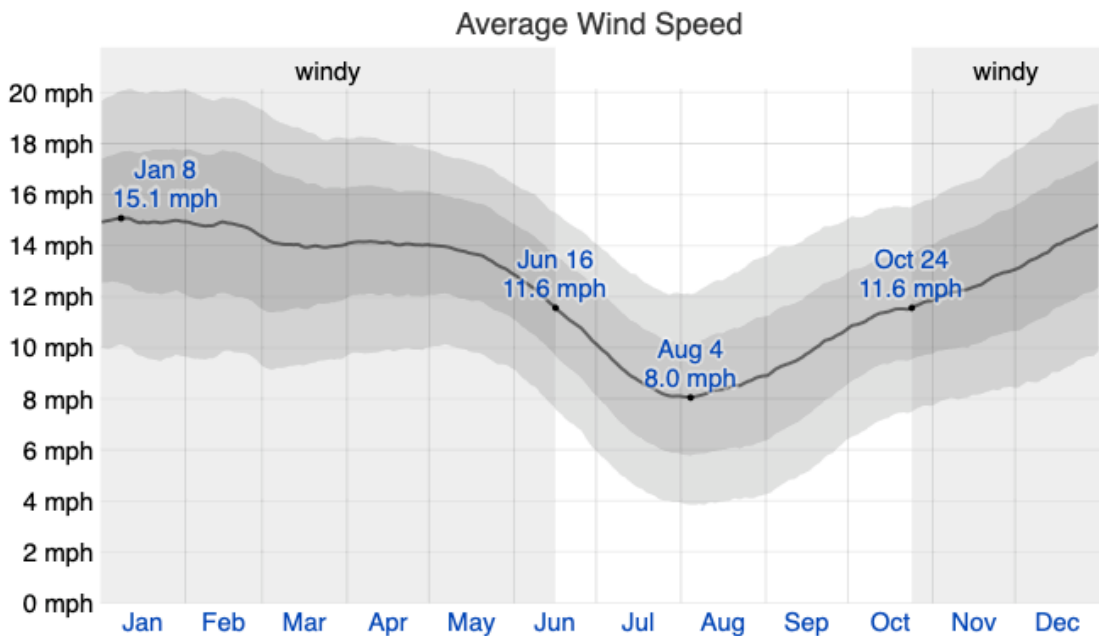
Figura AN.5 – Energia solar incidente na ilha do Fogo



The average daily shortwave solar energy reaching the ground per square meter (orange line), with 25th to 75th and 10th to 90th percentile bands.

Fonte: <https://weatherspark.com/>.

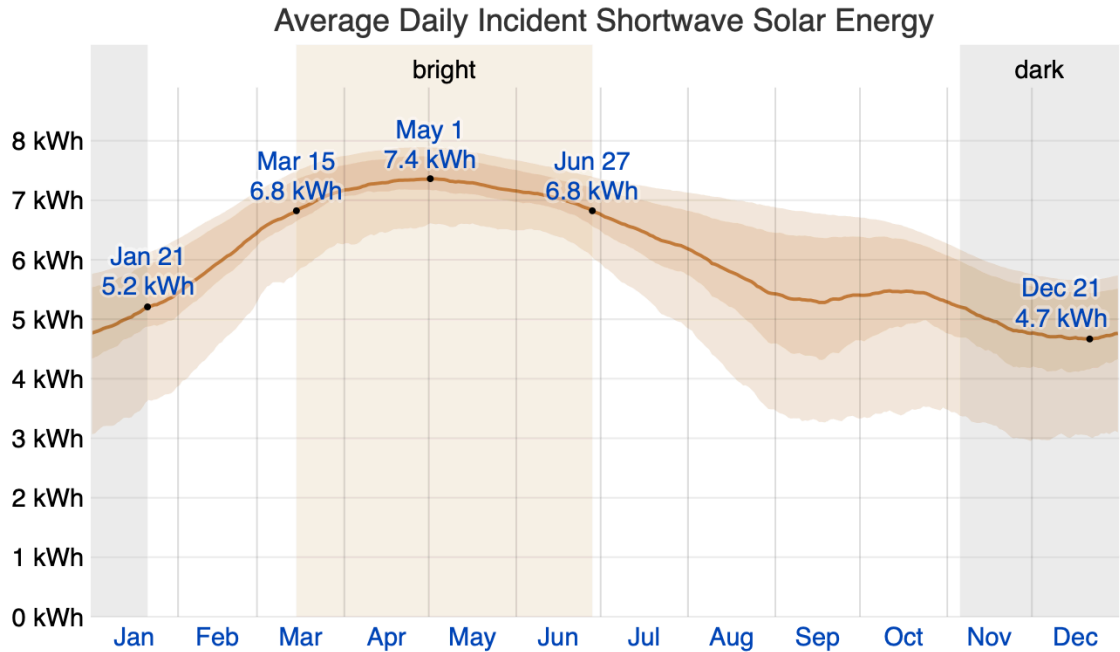
Figura AN.6 – Vento médio na ilha do Fogo



The average of mean hourly wind speeds (dark gray line), with 25th to 75th and 10th to 90th percentile bands.

Fonte: <https://weatherspark.com/>.

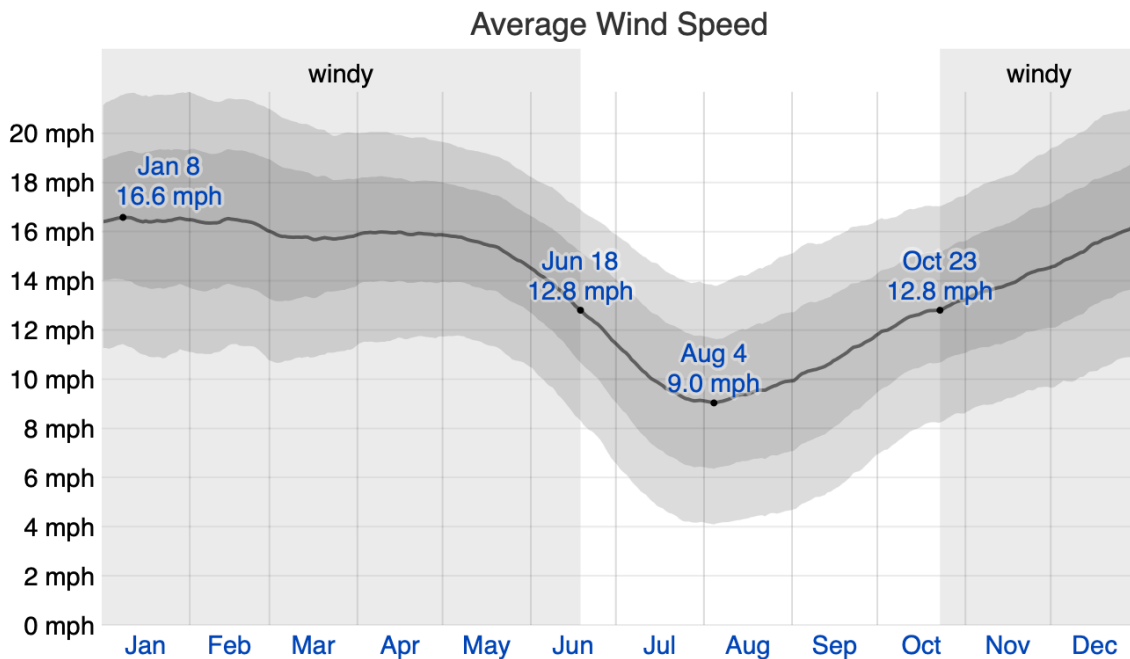
Figura AN.7 – Energia solar incidente na ilha do Maio



The average daily shortwave solar energy reaching the ground per square meter (orange line), with 25th to 75th and 10th to 90th percentile bands.

Fonte: <https://weatherspark.com/>.

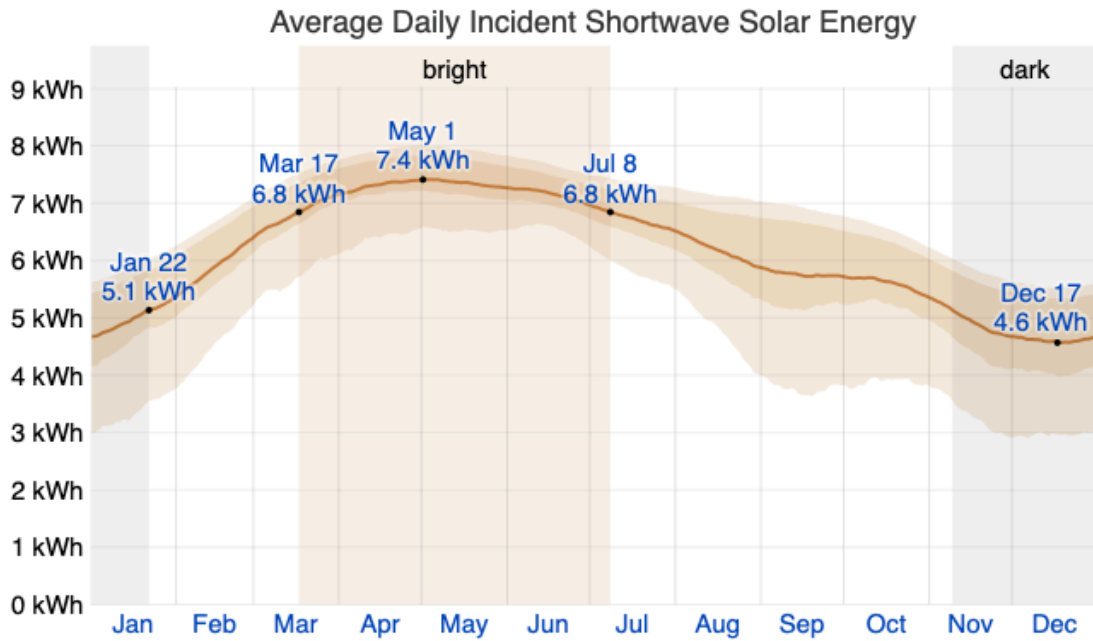
Figura AN.8 – Vento médio na ilha do Maio



The average of mean hourly wind speeds (dark gray line), with 25th to 75th and 10th to 90th percentile bands.

Fonte: <https://weatherspark.com/>.

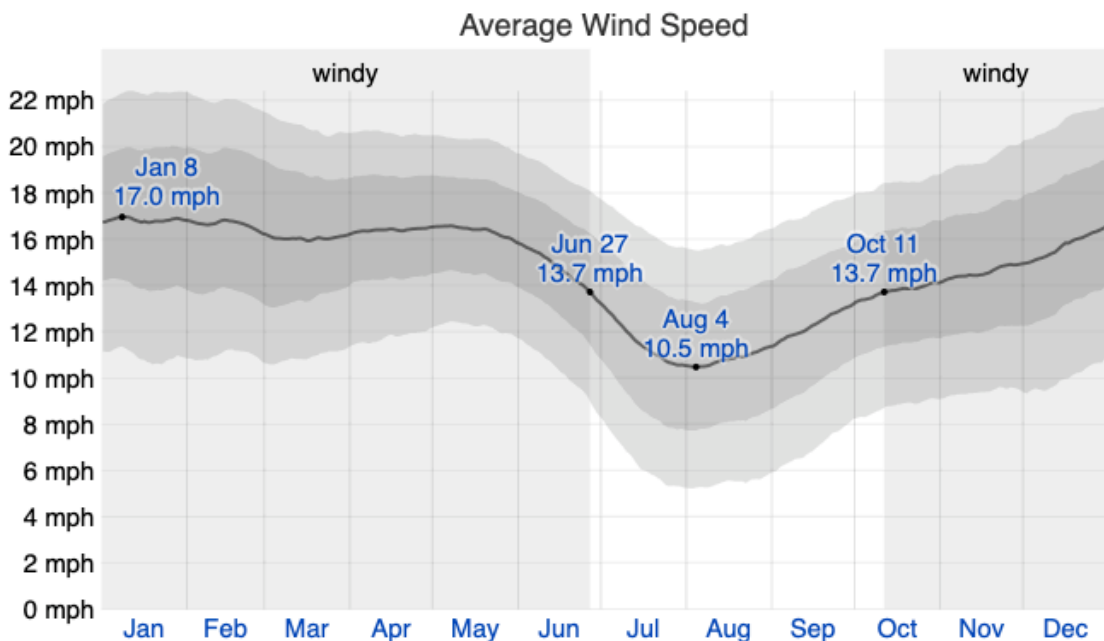
Figura AN.9 – Energia solar incidente na ilha do Sal



The average daily shortwave solar energy reaching the ground per square meter (orange line), with 25th to 75th and 10th to 90th percentile bands.

Fonte: <https://weatherspark.com/>.

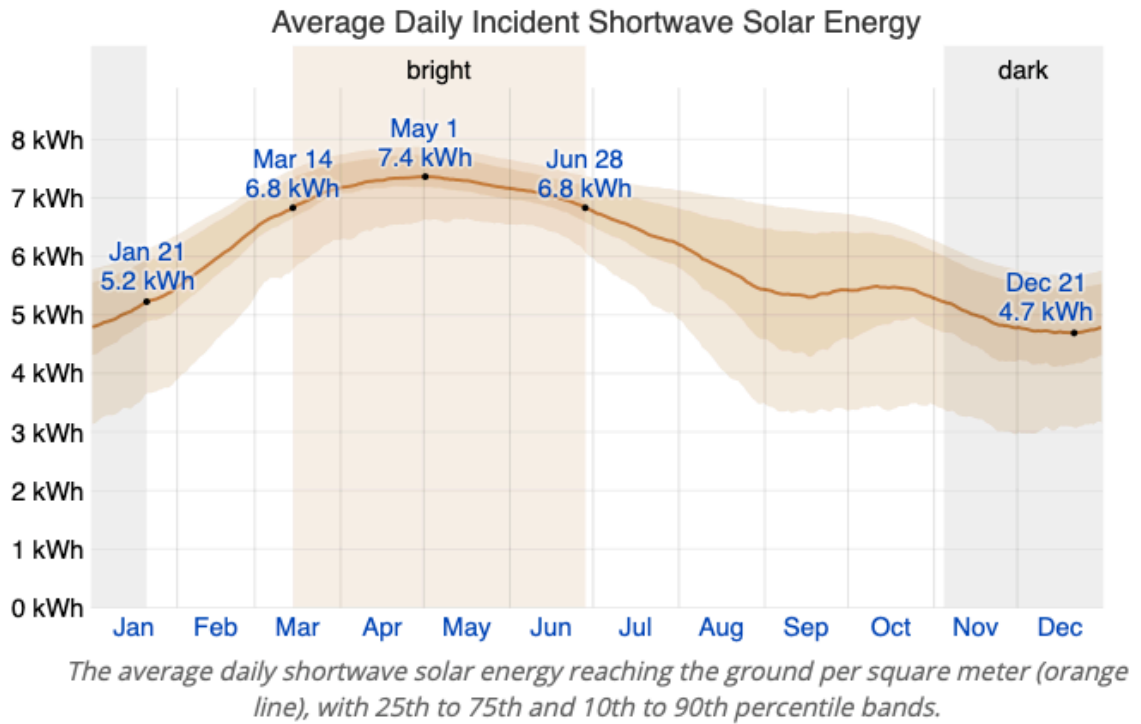
Figura AN.10 – Vento médio na ilha do Sal



The average of mean hourly wind speeds (dark gray line), with 25th to 75th and 10th to 90th percentile bands.

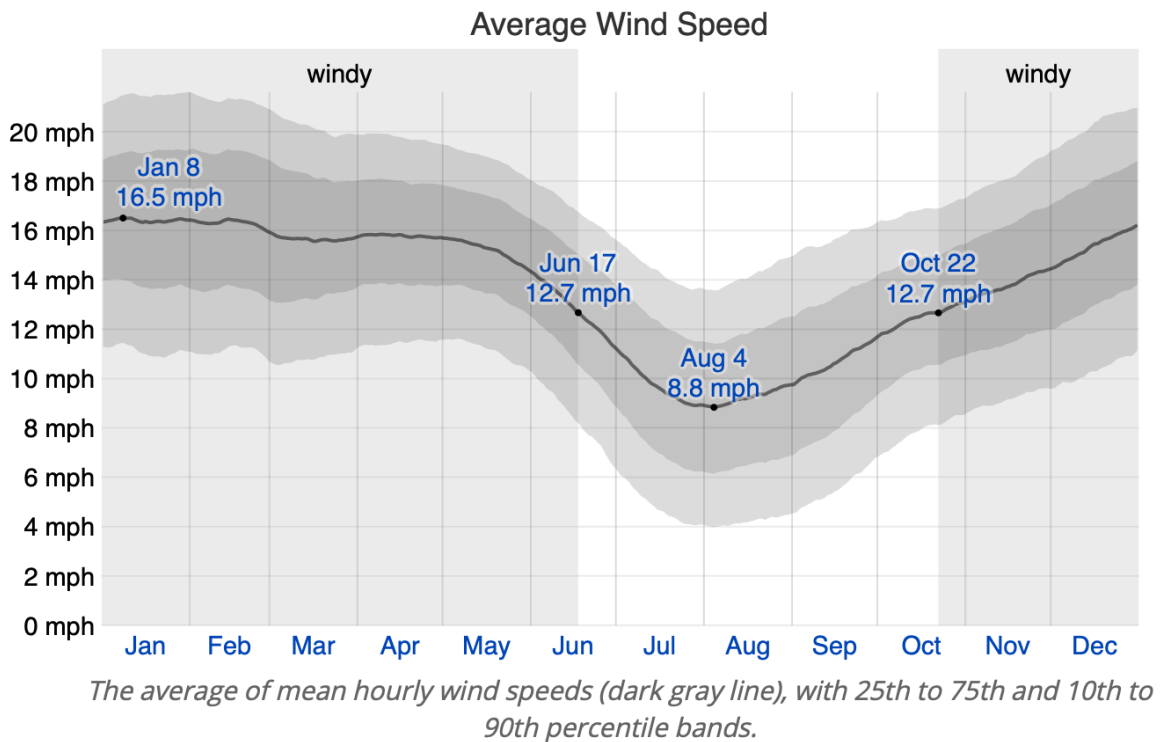
Fonte: <https://weatherspark.com/>.

Figura AN.11 – Energia solar incidente na ilha de Santiago



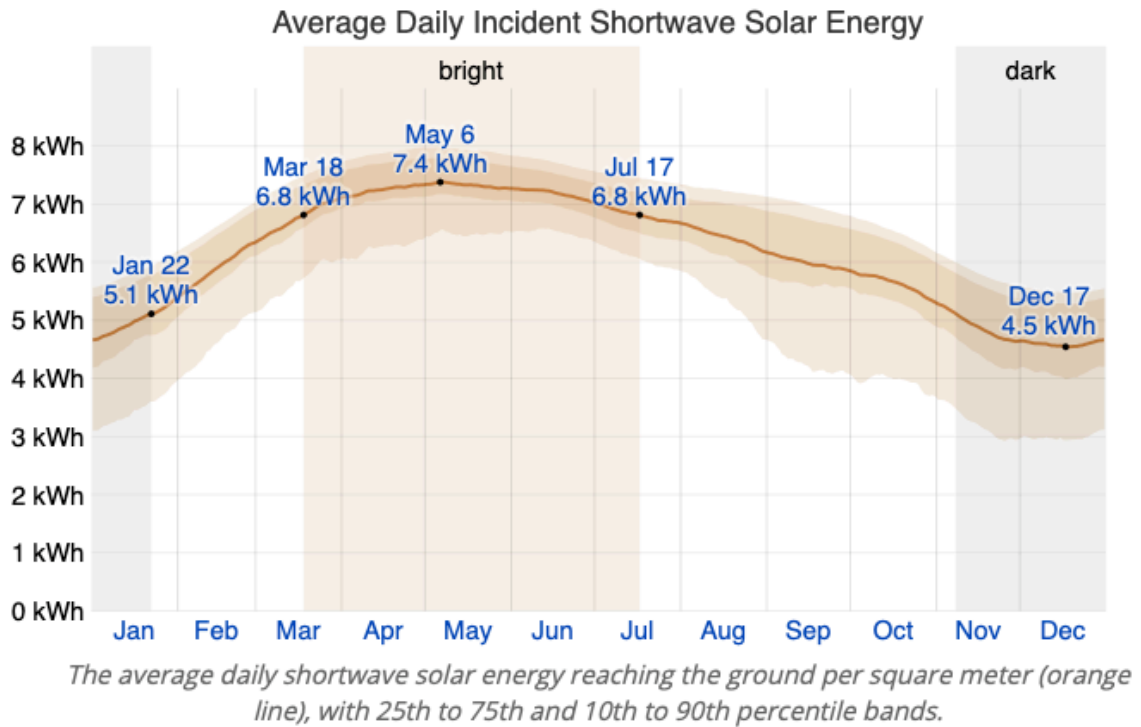
Fonte: <https://weatherspark.com/>.

Figura AN.12 – Vento médio na ilha de Santiago



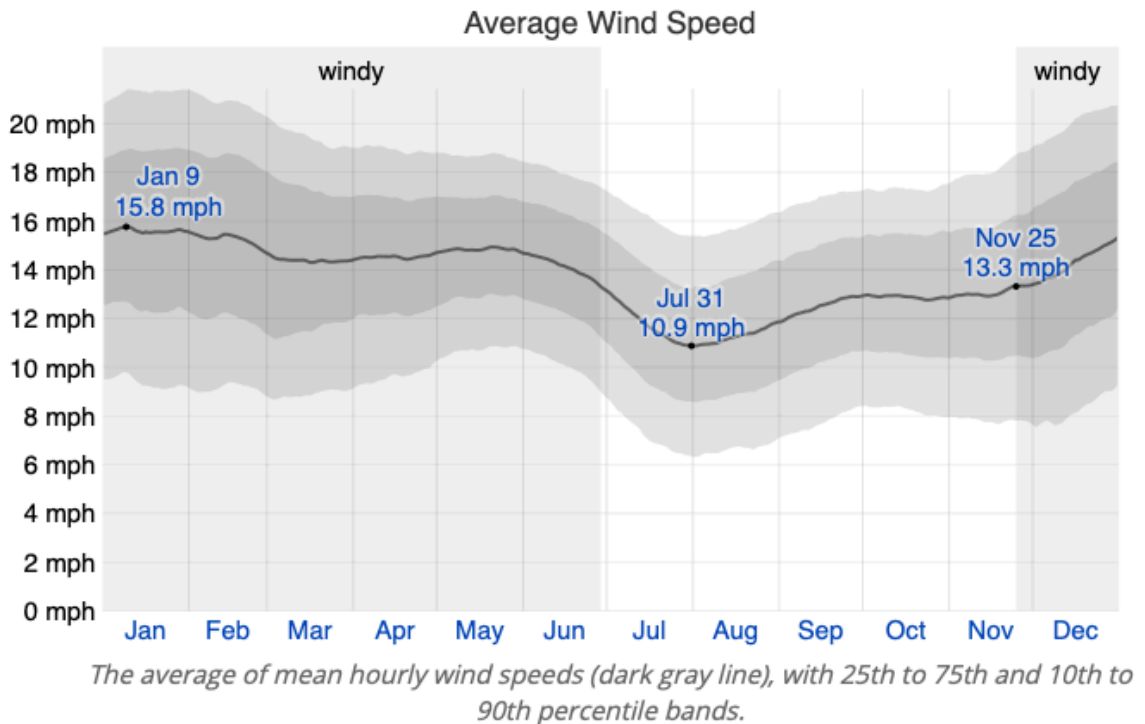
Fonte: <https://weatherspark.com/>.

Figura AN.13 – Energia solar incidente na ilha de Santo Antão



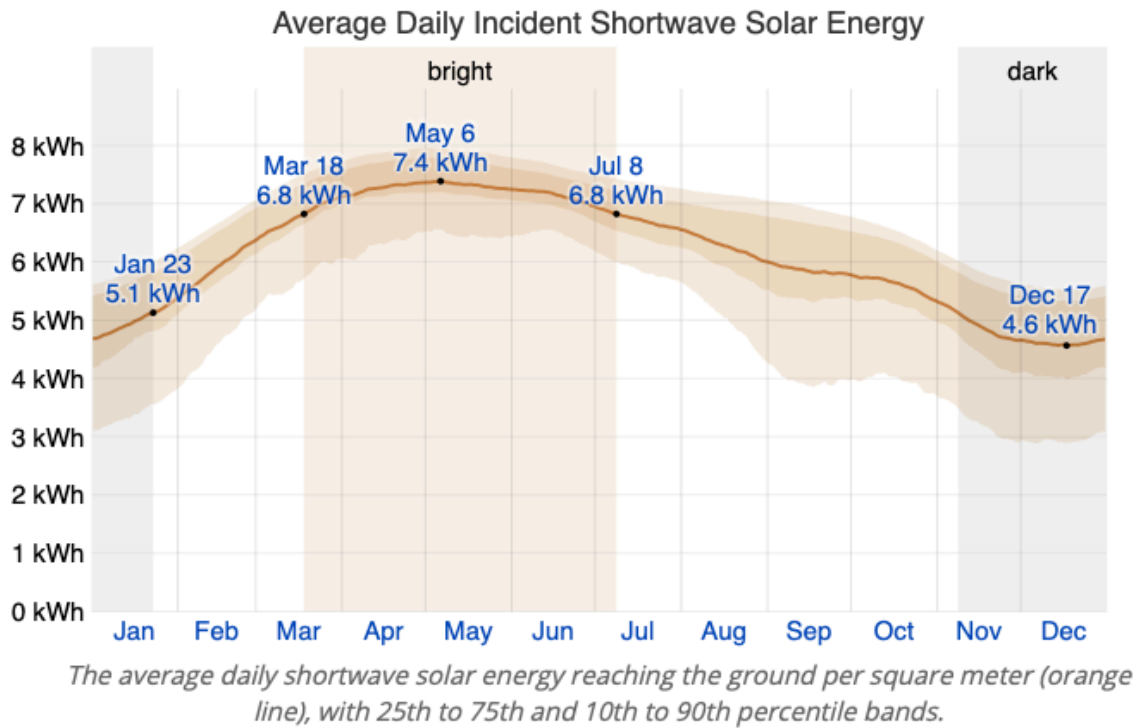
Fonte: <https://weatherspark.com/>.

Figura AN.14 – Vento médio na ilha de Santo Antão



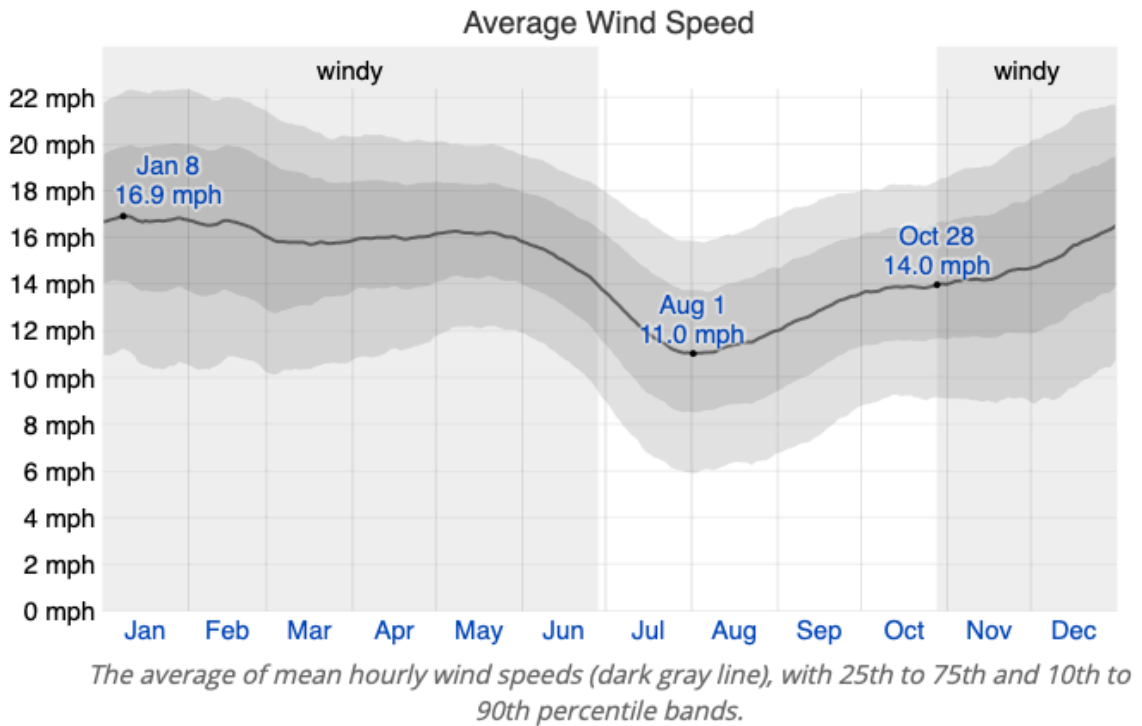
Fonte: <https://weatherspark.com/>.

Figura AN.15 – Energia solar incidente na ilha de São Nicolau



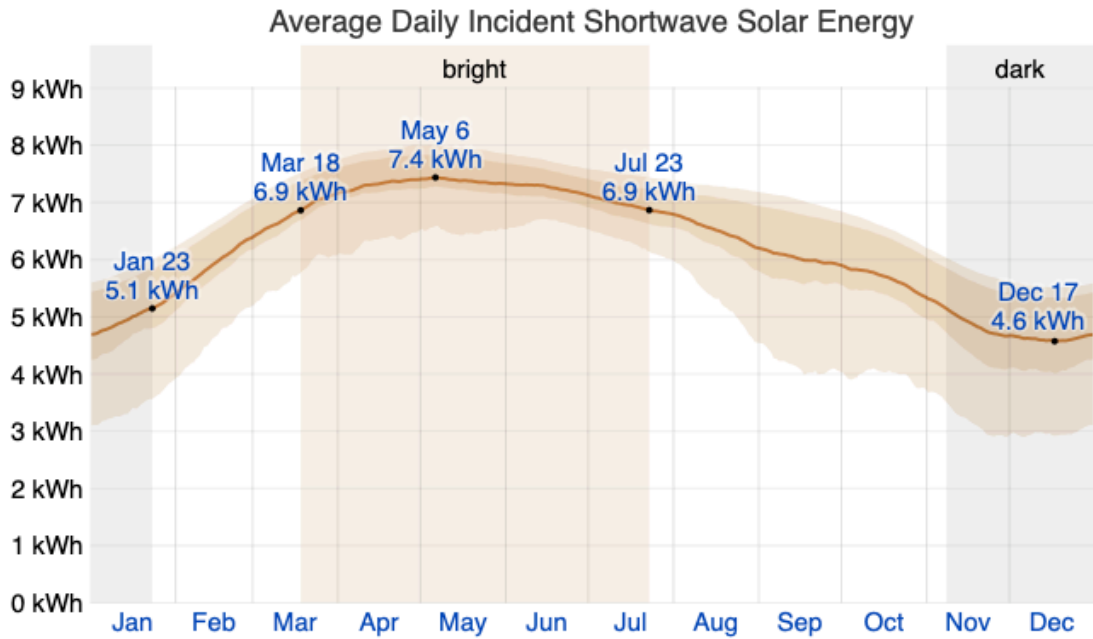
Fonte: <https://weatherspark.com/>.

Figura AN.16 – Vento médio na ilha de São Nicolau



Fonte: <https://weatherspark.com/>.

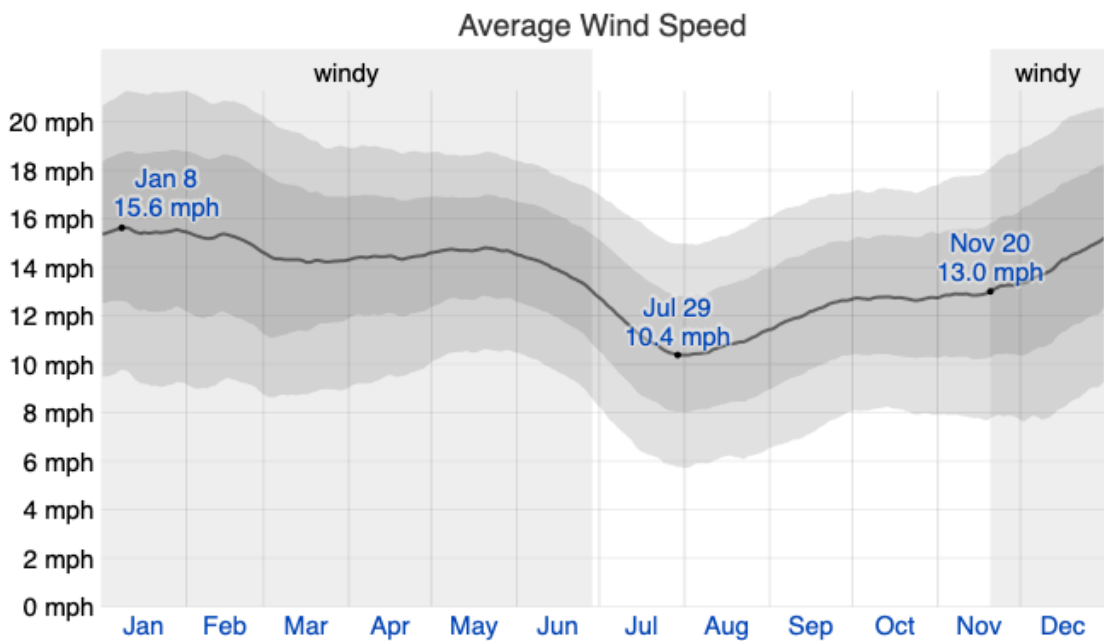
Figura AN.17 – Energia solar incidente na ilha de São Vicente



The average daily shortwave solar energy reaching the ground per square meter (orange line), with 25th to 75th and 10th to 90th percentile bands.

Fonte: <https://weatherspark.com/>.

Figura AN.18 – Vento médio na ilha de São Vicente



The average of mean hourly wind speeds (dark gray line), with 25th to 75th and 10th to 90th percentile bands.

Fonte: <https://weatherspark.com/>.