

**ETEC DONA ESCOLÁSTICA ROSA**  
**ENSINO MÉDIO COM HABILITAÇÃO TÉCNICA PROFISSIONAL**  
**EM LOGÍSTICA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE GERAÇÃO SOLAR  
NO COMPLEXO ADMINISTRATIVO DA AUTORIDADE PORTUÁRIA DE  
SANTOS**

**ANNY ADRIANA BARBOSA DOS SANTOS \***

**ÍISIS COSTA SAMPAIO \*\***

**LAYS GONÇALVES DOS SANTOS \*\*\***

**NYCOLLI SANTOS SOUZA \*\*\*\***

**SORAYA DO CARMO SILVA DE OLIVEIRA \*\*\*\*\***

**Resumo:** O estudo investiga a viabilidade de implementar um sistema de geração solar no Complexo Administrativo da Autoridade Portuária de Santos, reunindo dados sobre irradiação média da região, potencial de geração, tipos de tecnologias disponíveis, custos estimados de instalação por edifício e impactos ambientais envolvidos. Esses levantamentos permitiram compreender o cenário energético atual, o espaço físico disponível e a capacidade do local de receber sistemas fotovoltaicos. O objetivo do trabalho é examinar o uso da energia solar como alternativa operacional para o complexo, observando o objeto pesquisado — sua infraestrutura existente — e buscando constatar, a partir das análises teóricas e levantamentos iniciais, se essa tecnologia pode ser integrada de forma eficiente, segura e alinhada às exigências ambientais e legais. A pesquisa possui natureza bibliográfica e documental, utilizando análise de artigos, relatórios técnicos, dados de irradiação solar e informações sobre métodos de instalação e custos, o que permitiu compreender os fundamentos técnicos e identificar possíveis cenários de aplicação. A sustentabilidade e a agenda ESG orientam organizações a buscarem fontes energéticas limpas, e mostrou que a energia solar apresenta baixo impacto operacional, diferentes tecnologias adequadas para uso comercial e grande contribuição para a redução de emissões. Esses conceitos ajudaram a estruturar o raciocínio sobre como o sistema fotovoltaico pode fortalecer a eficiência do complexo e modernizar sua matriz energética. Com base nesses

\*Anny Adriana Barbosa dos Santos do curso Técnico em Logística, na Etec Dona Escolástica Rosa – anny.santos13@etec.sp.gov.br

\*\* Ísis Costa Sampaio do curso Técnico em Logística, na Etec Dona Escolástica Rosa – isis.sampaio@etec.sp.gov.br

\*\*\*Lays Gonçalves dos Santos do curso Técnico em Logística, na Etec Dona Escolástica Rosa – lays.santos34@etec.sp.gov.br

\*\*\*\* Nycolli Santos Souza do curso Técnico em Logística, na Etec Dona Escolástica Rosa – nycolli.souza@etec.sp.gov.br

\*\*\*\*\* Soraya do Carmo Silva de Oliveira do curso Técnico em Logística, na Etec Dona Escolástica Rosa – soraya.oliveira4@etec.sp.gov.br

\*\*\*\*\*Profª Me. Vânia Amaro Gomes, na Etec Dona Escolástica Rosa – vania.gomes@etec.sp.gov.br

fundamentos, os resultados até o momento se expressam nas hipóteses levantadas: a necessidade de atender normas ambientais e elétricas; a importância de um plano de integração com a infraestrutura existente; a previsão de custos de implantação e mão de obra; e a estimativa de produção futura segundo o potencial solar levantado. Conclui-se, a partir do conjunto de informações reunidas, que a geração solar surge como uma alternativa promissora para o complexo administrativo,

oferecendo potencial para reduzir custos, ampliar a sustentabilidade e fortalecer a imagem institucional, embora as próximas etapas de análise prática e financeira sejam essenciais para validar definitivamente sua viabilidade.

**Palavras-chave:** Energia Solar. Sustentabilidade. Viabilidade. Matriz Energética. Porto de Santos.

## INTRODUÇÃO

A geração solar é o processo de produzir energia elétrica a partir da luz do sol. Isso ocorre por meio de painéis solares fotovoltaicos, que convertem a radiação solar em eletricidade através de células semicondutoras, como as de silício. Por ser uma fonte alternativa, renovável e sustentável, essa tecnologia utiliza a radiação eletromagnética proveniente do sol e pode ser aplicada de diferentes formas, como em aquecedores solares, painéis fotovoltaicos e usinas heliotérmicas. Quando a luz solar incide sobre as células fotovoltaicas, ela é absorvida, fazendo com que os elétrons se movam e gerem corrente elétrica, permitindo seu uso em diversas estruturas e sistemas energéticos.

A busca por fontes de energia mais sustentáveis tem crescido dentro das organizações, tornando a energia solar uma alternativa importante para reduzir custos e modernizar operações. No Complexo Administrativo da Autoridade Portuária de Santos, compreender essa tecnologia e sua aplicação é essencial diante das demandas ambientais e da necessidade de eficiência. No entanto, muitos gestores ainda enfrentam dificuldades por falta de conhecimento técnico sobre viabilidade, custos, normas e integração elétrica, o que reforça a importância de estudos que reúnam esses dados de forma clara.

Este artigo analisa a possibilidade de implantação de um sistema de geração solar no complexo administrativo, reunindo informações sobre potencial de irradiação, tipos de tecnologias, impactos ambientais e custos estimados. A problemática envolve justamente os desafios de iniciar um projeto dessa dimensão sem entendimento técnico aprofundado, considerando exigências necessárias para a implementação. A

energia solar, porém, mostra-se uma aliada para reduzir impactos ambientais e fortalecer práticas sustentáveis em instituições de grande porte.

O objetivo do estudo é avaliar a viabilidade dessa implementação, considerando aspectos técnicos com o foco em diversificar a matriz energética do complexo administrativo do porto de Santos, assim promovendo a sustentabilidade e a eficiência. Os objetivos específicos incluem compreender conceitos relacionados à energia solar, analisar a capacidade do local, revisar normas pertinentes e identificar possíveis benefícios da adoção da tecnologia. Assim, o artigo destaca a importância da transição energética e da necessidade de as organizações se adaptarem a um cenário cada vez mais tecnológico e sustentável.

## **2 SUSTENTABILIDADE**

O conceito de sustentabilidade surgiu como resposta à crescente preocupação com os impactos ambientais e sociais decorrentes do desenvolvimento econômico. De forma ampla, a sustentabilidade busca conciliar o crescimento econômico com a preservação ambiental e a equidade social, garantindo que as necessidades do presente sejam atendidas sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas próprias necessidades (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1987).

Segundo Sachs, a sustentabilidade deve ser compreendida de maneira multidimensional, englobando aspectos sociais, econômicos, ecológicos, espaciais e culturais. Essa visão amplia o entendimento de que não se trata apenas de reduzir danos ambientais, mas também de promover justiça social, eficiência econômica e respeito à diversidade cultural (SACHS, 2002).

No contexto organizacional, a sustentabilidade está diretamente ligada às práticas de governança, responsabilidade social corporativa e às diretrizes ESG (Environmental, Social and Governance), que têm ganhado relevância mundial. Para setores de infraestrutura e logística, como os portos, a adoção de práticas sustentáveis representa não apenas uma obrigação ambiental, mas também um diferencial competitivo, uma vez que contribui para a redução de custos operacionais, fortalecimento da imagem institucional e atendimento a metas globais como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU, 2015).

### **3 AGENDA ESG**

A agenda ESG (Environmental, Social and Governance) tem se consolidado como um conjunto de práticas que orientam organizações a integrarem critérios ambientais, sociais e de governança em suas estratégias e operações. No âmbito ambiental, destaca-se a preocupação com a mitigação de impactos negativos e a busca por alternativas que promovam a transição energética e a redução das emissões de gases de efeito estufa (WORLD ECONOMIC FORUM, 2020).

No contexto social, a agenda ESG valoriza a responsabilidade corporativa perante comunidades, colaboradores e demais stakeholders, promovendo relações mais justas e inclusivas. Já no aspecto de governança, reforça a transparência, a ética empresarial e a conformidade regulatória, fatores essenciais para a credibilidade institucional e competitividade no mercado global (KPMG, 2022).

Ao relacionar o conceito ESG com a implantação de geração solar no Complexo Administrativo da Autoridade Portuária de Santos, percebe-se que o projeto contribui diretamente para o pilar ambiental, ao promover a utilização de uma fonte de energia limpa e renovável. Além disso, fortalece a dimensão de governança, pois evidencia o comprometimento da instituição com práticas sustentáveis e alinhadas às demandas globais de descarbonização e inovação. Dessa forma, a adoção da energia solar pode ser compreendida como uma estratégia de alinhamento à agenda ESG, agregando valor econômico, reputacional e ambiental ao porto (PWC, 2021).

### **4 ENERGIA SOLAR: O que é?**

É possível classificar energia solar como qualquer tipo de produção de energia que tenha como base os raios solares, um dos recursos mais abundantes da natureza.

No entanto, há mais de uma forma de se converter a luz e o calor emitidos pelo sol em energia. Por isso, é possível dizer que há diferentes tipos de energia solar, relacionados às várias tecnologias existentes para essa finalidade.

Com métodos distintos para geração de energia, temos três tipos principais de energia solar: a energia solar fotovoltaica – capaz de transformar a energia do sol em eletricidade com o uso de placas fotovoltaicas; energia solar térmica – na qual o calor da radiação solar é transferido para água ou óleo, para posteriormente ser utilizado como fonte de calor; energia solar heliotérmica – que concentra raios solares para gerar energia (um método que também é conhecido como energia termossolar).

De forma simples, é possível dizer que essa energia é gerada a partir da luz e do calor emitidos pelo sol. Com o auxílio de tecnologias, os raios solares captados, são convertidos em eletricidade e outras formas de energia.

O processo que gera a energia solar ocorre por meio do fenômeno chamado de fusão nuclear (quando dois núcleos de átomos se unem).

Como a maioria das estrelas, o sol tem em sua composição átomos de hidrogênio e hélio em estado de plasma. Quando ocorre a fusão nuclear, partículas de hidrogênio se fundem para formar hélio, em um processo que ocorre sob alta pressão e elevada temperatura (cerca de 15 milhões de graus Celsius), liberando energia. (NEOSOLAR ENERGIA)

#### **4.1 Impacto no meio ambiente**

A energia solar gera impactos ambientais em diferentes etapas. Na fase de manufatura, a produção das placas solares é responsável pela maior parte do consumo energético do processo, já que exige diversos materiais, etapas químicas e alto gasto energético. No descarte, recomenda-se o reaproveitamento de placas, inversores e outros componentes, porém muitos consumidores ainda descartam indevidamente esses materiais, aumentando impactos ambientais e exigindo normas específicas de tratamento seguro, especialmente para resíduos mais contaminantes.

Durante a operação, os impactos são mínimos: os sistemas não emitem gases poluentes, possuem longa vida útil e demandam pouca manutenção, sem necessidade de água e com baixo consumo energético. Já a construção de grandes usinas solares pode causar alterações no meio ambiente, principalmente pela ocupação de grandes áreas, terraplanagem e sombreamento, afetando vegetações e ecossistemas locais.

Ao comparar a energia solar com outras fontes, observa-se que tecnologias como carvão e combustíveis fósseis emitem grandes quantidades de poluentes e gases de efeito estufa, sendo altamente prejudiciais ao ambiente. Hidrelétricas, apesar de não poluírem durante a geração, causam impactos severos ao desviar rios e alagar grandes áreas. A energia nuclear apresenta riscos elevados devido aos resíduos radioativos e possíveis acidentes. A biomassa pode emitir poluentes dependendo do material utilizado, e a energia eólica, embora limpa, também gera impactos ambientais específicos (PORTALSOLAR).

## 5 TIPOS DE TECNOLOGIAS DE PANÉIS SOLARES

Existem diferentes tecnologias de painéis solares, definidas principalmente pelo tipo de material semicondutor usado nas células fotovoltaicas. Os painéis de silício monocristalino apresentam maior eficiência e são produzidos a partir de um único cristal de silício ultrapuro, resultando em lâminas uniformes e de alta pureza. Já os painéis de silício policristalino são formados por múltiplos cristais fundidos em blocos, o que lhes confere aparência menos uniforme e eficiência um pouco menor.

O silício amorfo, por sua vez, é utilizado em tecnologias de película fina, inicialmente aplicadas apenas em equipamentos de baixa potência. Com o uso da técnica de empilhamento, sua eficiência pode atingir entre 6% e 9%, embora o custo ainda seja elevado. Outra tecnologia de película fina é o telureto de cádmio (CdTe), que se destaca por apresentar bom equilíbrio entre custo e eficiência, variando entre 9% e 16%, sendo frequentemente usada em grandes usinas solares.

Os painéis de seleneto de cobre, índio e gálio (CIS/CIGS) oferecem maior potencial de eficiência entre as películas finas, chegando a 10–12%, com modelos já alcançando mais de 13% no Brasil. Há também as células fotovoltaicas orgânicas (OPV), uma tecnologia flexível e de baixo custo baseada em polímeros condutores, ainda em desenvolvimento comercial. Por fim, a tecnologia híbrida HJT, de alta eficiência (21–24%), combina características do silício monocristalino com camadas de silício amorfo, proporcionando maior desempenho em altas temperaturas, embora ainda não esteja amplamente disponível no mercado brasileiro (PORTALSOLAR).

### 5.1 Formas de implementação

O processo de implementação de um sistema de energia solar começa com a análise da conta de luz, identificando o consumo mensal em kWh, que servirá de base para calcular o tamanho do sistema. É recomendado utilizar a média dos últimos 12 meses para obter um valor mais preciso. A partir desse consumo, é possível simular o custo da instalação, a quantidade de placas necessárias, a geração mensal estimada e a área disponível para o sistema.

Após essa etapa, deve-se solicitar um orçamento e elaborar o projeto do sistema fotovoltaico. Em seguida, ocorre a instalação, que envolve visita técnica, envio do projeto para aprovação da distribuidora, montagem dos suportes e trilhos, instalação dos painéis e conexão ao inversor. A homologação final pela distribuidora permite que o sistema seja conectado à rede e comece a funcionar.

A instalação não deve ser realizada por pessoas sem qualificação, pois envolve riscos e exige autorização técnica especializada. O processo profissional inclui preparar o local, fixar suportes e trilhos, posicionar os painéis e realizar as conexões elétricas corretas, garantindo segurança e eficiência na geração de energia renovável.

## **5.2 Entrevista complementar**

No dia 11/09/2025 foi realizada uma entrevista juntamente com um tour no complexo administrativo da autoridade portuária, onde um técnico da área especificou os prédios que poderiam ser utilizados para a implementação do projeto de geração solar no complexo administrativo, apontando quais eram prioridade e seriam mais vantajosos para a instalação e quais estavam em pontos estratégicos onde estariam mais perto dos distribuidores de energia. Evidenciou também como cada prédio funciona e apontou os 5 principais distribuidores de energia do complexo administrativo apresentando a planta energética e pontuando uma outra fonte de energia (usina de Itatinga). De forma geral, foi uma entrevista com finalidade de maior compreensão, de como a pesquisa deveria ser direcionada e com o objetivo de conhecer o local onde deve ser feita a implementação.

## **6 TECNOLOGIAS FOTOVOLTAICAS APLICÁVEIS E AVALIAÇÃO DA IRRADIAÇÃO SOLAR LOCAL**

A implantação de sistemas fotovoltaicos em escala comercial ou institucional exige a avaliação das tecnologias disponíveis no mercado, assim como o levantamento do potencial solar da área destinada ao projeto. Nesse contexto, este capítulo apresenta as principais características dos modelos de painéis utilizados em grandes complexos solares, seus custos aproximados e os dados de irradiação solar da região selecionada para estudo.

Os complexos fotovoltaicos de grande porte utilizam predominantemente módulos de silício cristalino, divididos entre painéis monocristalinos e policristalinos, cuja escolha depende de critérios como eficiência, custo por watt, área disponível e especificações do projeto. Em algumas aplicações específicas, os módulos de filme fino também são utilizados, especialmente quando há exigências diferenciadas de estrutura ou peso.

Entre os modelos mais presentes no mercado, destacam-se módulos como o Trina Vertex S, reconhecido pela organização das células, acabamento escuro e

estrutura reforçada. Equipamentos com potência superior a 700 W apresentam dimensões maiores e estruturas metálicas mais robustas, exigindo sistemas de suporte adequados ao peso e às condições ambientais. Em aplicações industriais e usinas, são comuns módulos bifaciais ou de vidro-duplo, que apresentam camada reflexiva traseira e permitem geração adicional a partir da luz refletida pelo solo.

Consumo Anual e Custos de Energia - Usina Itatinga			
Situação	Consumo ou Saldo de Energia (kWh/ano)	Tarifa (R\$/kWh)	Tarifa (R\$/kWh)
Sem os painéis	11.895.121	0,725	R\$ 8.623.962,73
Trina Vertex N	3.182.363,15	0,725	R\$ 2.307.213,28
Trina Vertex S	3.769.450,05	0,725	R\$ 2.732.851,28

Produção Total das Placas Solares		
Painel	Produção Anual (kWh)	Produção Mensal (kWh)
Trina Vertex N	8.712.275,85	726.022,98
Trina Vertex S	8.125.670,96	677.139,24

Em relação aos preços, observam-se diferentes faixas conforme potência, país de venda e modalidade (varejo ou atacado). No mercado brasileiro, o Trina Vertex S de 430 W apresenta valor médio de R\$ 497,18 por unidade. Já modelos como Vertex S+ (430–460 W), vendidos no mercado europeu, apresentam valores próximos de €95, enquanto versões de alta potência, como o Vertex N de 695–720 W, são normalmente comercializados apenas mediante cotação, devido ao uso predominante em grandes projetos e venda por paletes.

A área selecionada para estudo possui 0,12 km<sup>2</sup>, com perímetro de 1,77 km, apresentando condições uniformes de irradiação solar. Os dados obtidos mostram que toda a região apresenta valores idênticos de irradiância diária. Os principais indicadores são: PVOUT de 3,37 kWh/kWp, GHI de 3,94 kWh/m<sup>2</sup>, GTI de 4,18 kWh/m<sup>2</sup>, DNI de 2,82 kWh/m<sup>2</sup>, além de inclinação ideal (OPTA) de 22°, temperatura média de 22,3 °C e elevação de 7 metros acima do nível do mar.

O indicador PVOUT aponta uma produção média diária de 3,37 kWh para cada kWp instalado. Todos os percentis avaliados apresentaram esse mesmo valor, indicando uniformidade dos dados em toda a área analisada.



As demais métricas complementam a caracterização das condições de irradiação local. O GHI, que representa a irradiação total sobre uma superfície horizontal, apresenta valor de 3,94 kWh/m<sup>2</sup>, enquanto o GTI, que considera o painel instalado no ângulo ideal de 22°, atinge 4,18 kWh/m<sup>2</sup>. Já o DNI apresenta 2,82 kWh/m<sup>2</sup>, valor mais relevante para tecnologias de concentração solar.

## **7 VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO – ESTIMATIVA DE CUSTOS**

O presente relatório tem como objetivo apresentar as opções de instalação de painéis solares fotovoltaicos em diferentes edifícios, considerando tanto a quantidade de módulos quanto os custos envolvidos. Os valores foram calculados com base em dois cenários de instalação, variando entre R\$ 498,00 (Trina Vertex S - 430W) e R\$ 650,00 (Trina Vertex N – 720W) por painel, de acordo com o tipo de contrato ou fornecedor.

### **Trina Vertex S — 430 W**

O Trina Vertex S de 430 W é um módulo voltado para projetos residenciais e comerciais que precisam de boa eficiência ocupando pouco espaço. Ele trabalha com tensões e correntes adequadas para strings de pequeno e médio porte, mantendo estabilidade térmica e bom desempenho em diferentes condições de operação. O preço citado para este modelo é R\$ 497,18 por unidade, representando sua faixa de custo típica para módulos dessa categoria.

### **Trina Vertex S+ / Vertex S (dual-glass, 430–460 W)**

A versão Vertex S+ utiliza construção dual-glass (vidro-vidro), o que aumenta a resistência mecânica, melhora a durabilidade e reduz a degradação ao longo do tempo. Essa estrutura reforçada também oferece estabilidade superior contra variações de temperatura. O preço observado para esse modelo é de R\$584,25 (€95) por unidade, correspondendo à referência mencionada.

### **Trina Vertex N — 695–720 W (bifacial)**

O Trina Vertex N é um painel de alta potência, usando tecnologia n-type e design bifacial, capaz de gerar energia pela face frontal e também pela traseira quando

há reflexão adequada. Ele é destinado a projetos de maior porte pela sua alta corrente operacional, eficiência elevada e estabilidade térmica superior, especialmente em áreas extensas. O preço estimado dele é de R\$650, porém é um preço que varia de acordo com o fornecedor (essa é uma estimativa de preço comparado com os outros painéis).

### **Trina Vertex S — 415–435 W**

As versões entre 415 W e 435 W da linha Vertex S mantêm as mesmas características estruturais do modelo de 430 W, variando apenas a potência e pequenas diferenças em tensão e corrente. São módulos pensados para aplicações residenciais e comerciais, combinando boa eficiência com dimensões reduzidas e operação estável em diferentes temperaturas. O preço citado para versões dessa faixa varia de R\$492 (€80) a R\$676,50 (€110), conforme a potência específica.

(ENFSOLAR; TRINA SOLAR)

Na tabela, os edifícios foram separados por número. Após serem definidos os dois modelos de painéis, com melhor qualidade e preço, foram utilizadas as medidas deles (com base em pesquisas) para calcular a quantidade de painéis que seriam necessários para cada edifício.

Com as quantidades necessárias e os valores dos painéis definidos (um com preço de mercado e outro com preço estimado em comparativo), foi calculado o quanto no total será investido em cada edifício. Assim como também tem na tabela a área de cada um individual.

Os resultados foram organizados em tabela (ver abaixo), indicando a capacidade estimada e o custo de instalação para cada prédio.

Edifício 1					
Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	41	R\$ 650,00	R\$ 26.650,00	124,89 m²	1.361,2 kg
2	63	R\$ 498,00	R\$ 31.374,00		1.373,4 kg
Edifício 2					

Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	65	R\$ 650,00	R\$ 42.250,00	201,53 m²	2.158,0 kg
2	101	R\$ 498,00	R\$ 50.298,00		2.201,8 kg

### Edifício 3

Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	293	R\$ 650,00	R\$ 190.450,00	911,1 m²	9.727,6 kg
2	457	R\$ 498,00	R\$ 227.586,00		9.962,6 kg

### Edifício 4

Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	570	R\$ 650,00	R\$ 370.500,00	1.770,4 m²	18.924,0 kg
2	887	R\$ 498,00	R\$ 441.726,00		19.334,6 kg

Edifício 5					
Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	173	R\$ 650,00	R\$ 112.450,00	534,9 m²	5.710,4 kg
2	268	R\$ 498,00	R\$ 133.464,00		5.842,4 kg

Edifício 6					
Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	399	R\$ 650,00	R\$ 259.350,00	1.239,97 m²	13.236,8 kg
2	621	R\$ 498,00	R\$ 309.858,00		13.537,8 kg

Edifício 7					
Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	1099	R\$ 650,00	R\$ 714.350,00	3.416,95 m²	36.486,8 kg
2	1711	R\$ 498,00	R\$ 851.078,00		37.299,8 kg

Edifício 8					
Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	1747	R\$ 650,00	R\$ 1.135.550,00	5.431,14 m²	58.008,4 kg
2	2719	R\$ 498,00	R\$ 1.354.062,00		59.274,2 kg

Edifício 9					
------------	--	--	--	--	--

Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	271	R\$ 650,00	R\$ 176.150,00	839,15 m²	8.964,0 kg
2	421	R\$ 498,00	R\$ 209.658,00		9.156,0 kg

#### Edifício 10

Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	274	R\$ 650,00	R\$ 178.100,00	850,33 m²	9.096,8 kg
2	426	R\$ 498,00	R\$ 212.148,00		9.288,8 kg

#### Edifício 11

Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	229	R\$ 650,00	R\$ 148.850,00	710,58 m²	7.602,8 kg
2	356	R\$ 498,00	R\$ 177.288,00		7.760,8 kg

#### Edifício 12

Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	264	R\$ 650,00	R\$ 171.600,00	819,07 m²	8.764,8 kg
2	411	R\$ 498,00	R\$ 204.678,00		8.938,0 kg

#### Edifício 13

Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
-------	----------------------	----------------------	-------------	----------------------	--------------------

1	265	R\$ 650,00	R\$ 172.250,00	822,57 m <sup>2</sup>	8.798,0 kg
2	412	R\$ 498,00	R\$ 205.176,00		8.981,6 kg

Edifício 14					
Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m <sup>2</sup> )	Peso estimado (kg)
1	326	R\$ 650,00	R\$ 211.900,00	1.012,36 m <sup>2</sup>	10.823,2 kg
2	507	R\$ 498,00	R\$ 252.486,00		11.052,6 kg

Edifício 15					
Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m <sup>2</sup> )	Peso estimado (kg)
1	119	R\$ 650,00	R\$ 77.350,00	369,68 m <sup>2</sup>	3.948,8 kg
2	186	R\$ 498,00	R\$ 92.628,00		4.054,8 kg

Edifício 16					
Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m <sup>2</sup> )	Peso estimado (kg)
1	114	R\$ 650,00	R\$ 74.100,00	351,71 m <sup>2</sup>	3.784,8 kg
2	177	R\$ 498,00	R\$ 88.146,00		3.858,6 kg

Edifício 17					
Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m <sup>2</sup> )	Peso estimado (kg)
1	117	R\$ 650,00	R\$ 76.050,00	362,16 m <sup>2</sup>	3.884,4 kg

2	182	R\$ 498,00	R\$ 90.636,00	3.969,6 kg
---	-----	------------	---------------	------------

Edifício 18					
Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	74	R\$ 650,00	R\$ 48.100,00	228,45 m²	2.456,8 kg
2	115	R\$ 498,00	R\$ 57.270,00		2.507,0 kg

Edifício 19					
Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	305	R\$ 650,00	R\$ 198.250,00	945,68 m²	10.092,8 kg
2	474	R\$ 498,00	R\$ 236.052,00		10.333,2 kg

Edifício 20					
Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	140	R\$ 650,00	R\$ 91.000,00	434,33 m²	4.648,0 kg
2	218	R\$ 498,00	R\$ 108.564,00		4.752,4 kg

Edifício 21					
Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	840	R\$ 650,00	R\$ 546.000,00	2.610,38 m²	27.888,0 kg
2	1307	R\$ 498,00	R\$ 650.886,00		28.492,6 kg

---

Edifício 22					
Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	823	R\$ 650,00	R\$ 534.950,00	2.557,39 m²	27.309,6 kg
2	1280	R\$ 498,00	R\$ 637.440,00		27.894,4 kg

Edifício 23					
Opção	Quantidade de Placas	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Área da unidade (m²)	Peso estimado (kg)
1	1341	R\$ 650,00	R\$ 871.650,00	4.169,59 m²	44.521,2 kg
2	2087	R\$ 498,00	R\$ 1.039.326,00		45.504,8 kg



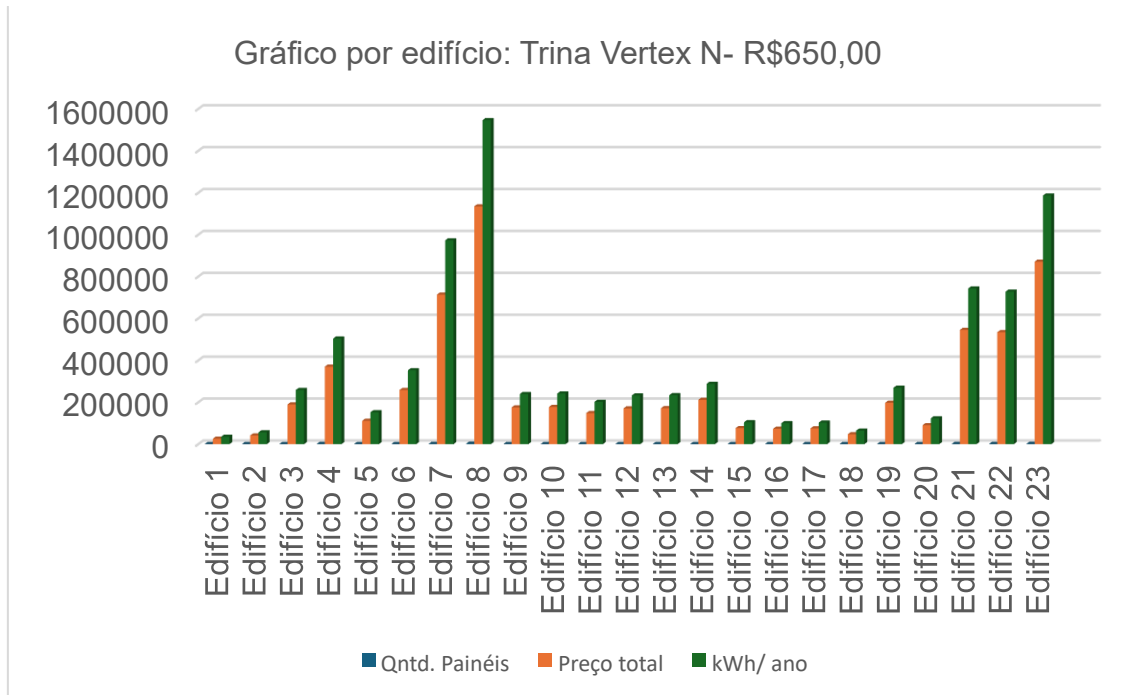


Figura 1 Gráfico por edifícios - Opção 1

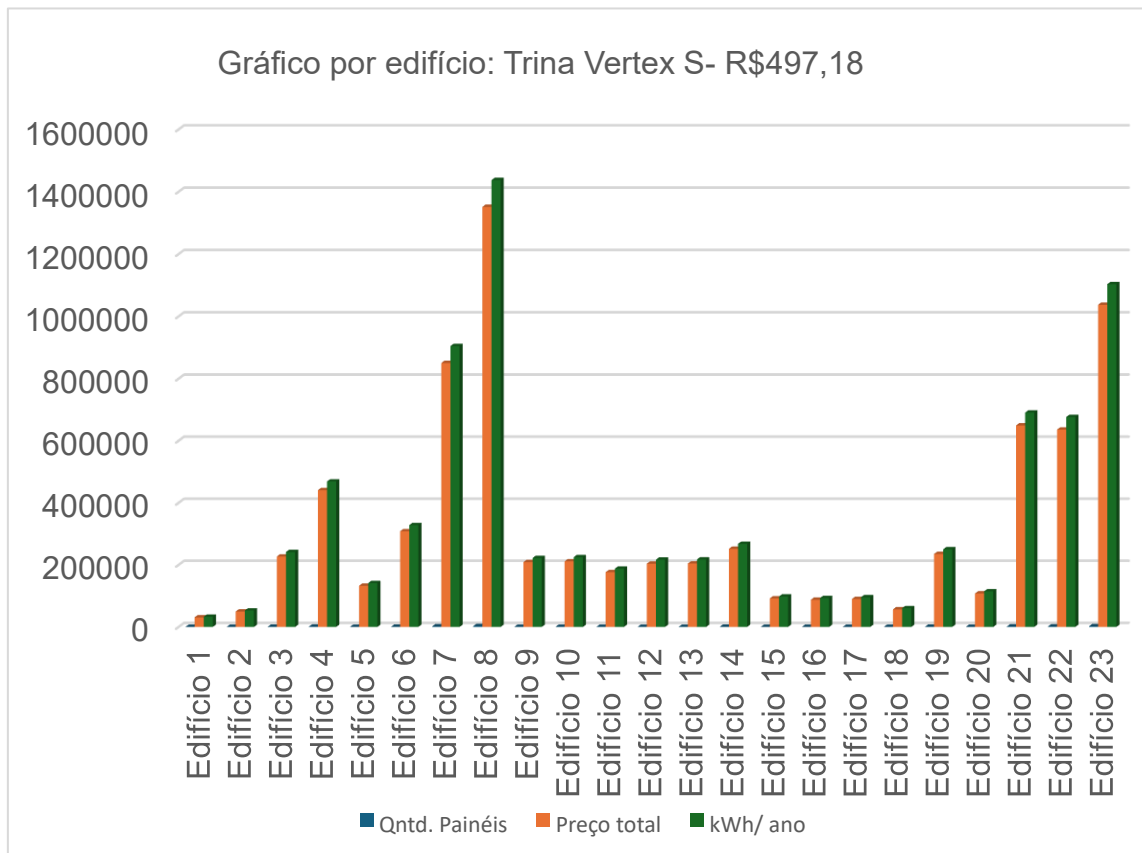


Figura 2 Gráfico por edifícios - Opção 2

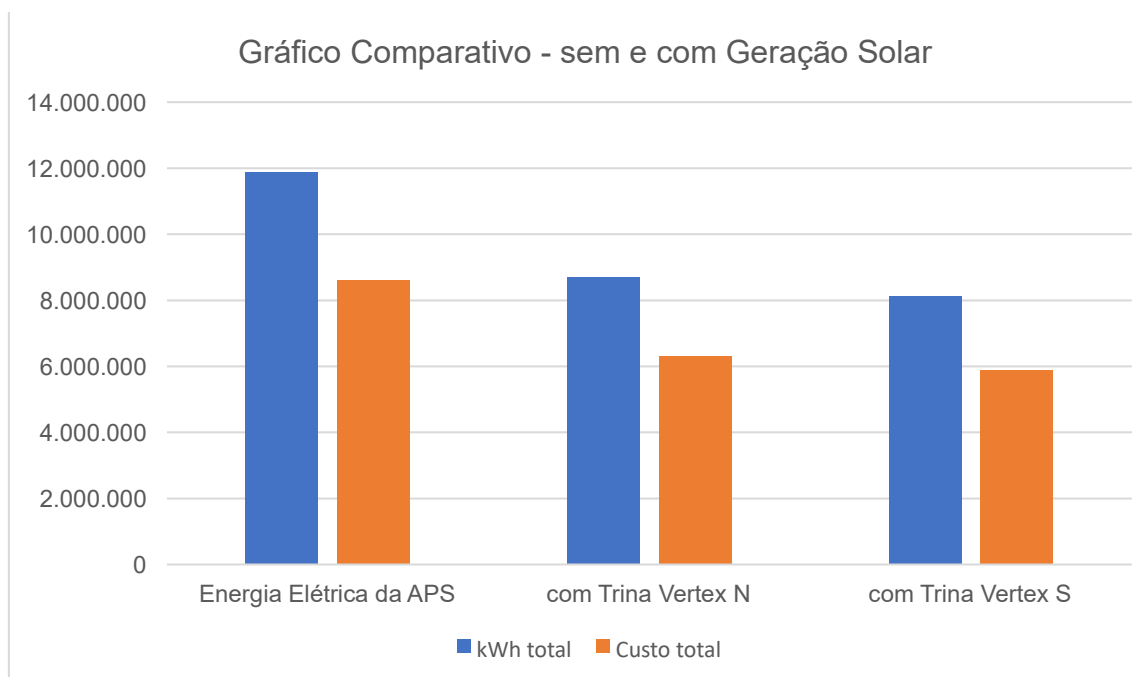


Figura 1 Gráfico Comparativo



Figura 2 Visão aérea dos edifícios

O investimento em geração solar pela opção 1 terá "retorno" em 1 ano e 1 mês, enquanto o investimento em geração solar pela opção 2 terá seu "retorno" em 1 ano e 3 meses. Com o estudo de Viabilidade de Geração Solar é possível concluir que, é

um investimento que trará uma grande economia a longa data com a duração dos painéis que é de 25-30 anos, e com esse estudo é possível recomendar a melhor opção para investimento que seria com a placa Trina Vertex N - 720 W com melhor retorno do investimento e melhor produção de energia solar.

## **8 RESULTADOS ESPERADOS**

A implementação de painéis solares no Complexo Administrativo tende a gerar resultados vantajosos, do ponto de vista financeiro, a geração própria de energia permitirá ao complexo reduzir de forma significativa seus gastos mensais com eletricidade, diminuindo a dependência de fontes terceirizadas e tornando os custos operacionais muito mais previsíveis. Como os sistemas fotovoltaicos possuem baixa necessidade de manutenção e longa vida útil, o investimento inicial tende a se pagar ao longo dos anos, garantindo economia real no médio e longo prazo.

Em relação à sustentabilidade, o projeto fortalece o compromisso do complexo com práticas ambientalmente responsáveis, pois a geração de energia por meio de painéis solares contribui de forma concreta para a redução das emissões de gases de efeito estufa, substituindo fontes de energia baseadas em combustíveis fósseis por uma fonte limpa, renovável e de baixo impacto ambiental. Na prática, ao adotar a energia solar, as empresas diminuem sua dependência de eletricidade proveniente de matrizes poluentes, reduzem suas pegadas de carbono e avançam no cumprimento de metas climáticas. Cada megawatt-hora gerado por painéis solares evita a liberação de grandes quantidades de CO<sub>2</sub> na atmosfera. A adoção dessa tecnologia contribui diretamente para os esforços de descarbonização, reduzindo a pegada ambiental da instituição e alinhando suas operações às metas contemporâneas de reduzir as mudanças climáticas. Assim, o complexo passa a atuar como referência em eficiência energética e responsabilidade socioambiental.

De forma geral, os resultados esperados tornam a iniciativa duplamente vantajosa, unindo economia, modernização e impacto ambiental positivo por meio da adoção de uma matriz energética mais limpa e sustentável. Instalar painéis solares em telhados de armazéns, centros administrativos e até áreas de apoio evita ocupação de espaço útil e transforma estruturas já existentes em fontes de geração limpa

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de viabilidade para a implantação de geração solar no Complexo Administrativo da Autoridade Portuária de Santos demonstra que a adoção dessa tecnologia representa uma estratégia promissora para diversificar a matriz energética, reduzir custos operacionais e promover práticas sustentáveis alinhadas à agenda ESG. A pesquisa evidenciou que, além dos benefícios ambientais, a energia solar pode fortalecer a imagem institucional do porto, contribuindo para metas globais de descarbonização e inovação.

Apesar dos resultados alcançados, algumas etapas previstas não puderam ser realizadas, como, uma análise precisa da estrutura física dos prédios para entender se o peso das instalações afetariam a integridade do local; averiguação das normas e legislações necessárias em relações a obras no terreno; levantamento de custos de mão de obra incluindo materiais e cálculo de tempo para que os painéis sejam instalados e iniciem seu funcionamento; e uma análise rigorosa de um meio para interligar a energia gerada pelos painéis com a energia proveniente da usina de Itatinga. Essas limitações não comprometem a relevância do estudo, mas sinalizam oportunidades para pesquisas futuras.

## FEASIBILITY STUDY FOR THE IMPLEMENTATION OF SOLAR GENERATION AT THE ADMINISTRATIVE COMPLEX OF THE PORT AUTHORITY OF SANTOS

**Abstract:** The study investigates the feasibility of implementing a solar generation system at the Administrative Complex of the Port Authority of Santos, gathering data on the region's average irradiation, generation potential, available technologies, estimated installation costs per building, and the environmental impacts involved. These analyses enabled an understanding of the current energy scenario, the physical space available, and the site's capacity to receive photovoltaic systems. The objective of this work is to examine the use of solar energy as an operational alternative for the complex, considering the researched object — its existing infrastructure — and seeking to verify, through theoretical analyses and initial data collection, whether this technology can be integrated efficiently, safely, and in alignment with environmental and legal requirements. The research is bibliographic and documental in nature, using the analysis of articles, technical reports, solar irradiation data, and information on installation methods and costs, which allowed for a technical understanding of the subject and the identification of possible application scenarios. Sustainability and the ESG agenda encourage organizations to pursue clean energy sources, and the study

showed that solar energy presents low operational impact, various commercially suitable technologies, and significant contribution to emission reduction. These concepts helped structure the reasoning on how a photovoltaic system can strengthen the complex's efficiency and modernize its energy matrix. Based on these foundations, the results so far are expressed through the hypotheses raised: the need to meet environmental and electrical standards; the importance of an integration plan with the existing infrastructure; the projection of implementation and labor costs; and the estimation of future energy production according to the solar potential identified. From the set of information gathered, it is concluded that solar generation emerges as a promising alternative for the administrative complex, offering potential to reduce costs, increase sustainability, and strengthen institutional image, although the next stages of practical and financial analysis are essential to definitively validate its feasibility.

Keywords: Solar Energy. Sustainability. Feasibility. Energy Matrix. Port of Santos.

## REFERÊNCIAS

ABSOLAR. Energia Solar no Brasil e no Mundo – Dados de 2023. 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br>

ALDO SOLAR. Como funciona a energia solar? Blog Aldo Solar, 2025. Disponível em: <https://www.aldo.com.br/blog/como-funciona-o-processo-de-geracao-deenergiasolar/>

ANEEL. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. 2012. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>

APÊNDICE. Memória de cálculo. (Próprios autores). 2025. Disponível em: [file:///C:/Users/Aluno.ESCOLASTICA/Downloads/AP%C3%80NDICE%20A-%20MEM%C3%93RIA%20DE%20C%C3%81LCULO%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Aluno.ESCOLASTICA/Downloads/AP%C3%80NDICE%20A-%20MEM%C3%93RIA%20DE%20C%C3%81LCULO%20(1).pdf)

APS. Infraestrutura Portuária. 2025. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/conheca-o-porto/infraestrutura-portuaria/>

CARNEIRO, Joaquim; PASSOS, Mário. Sistemas Fotovoltaicos – Fundamentos sobre Dimensionamento. Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.; Engbook, 2020. Disponível em: [https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/ofitexto.arquivos/sumarios/sistemas-fotovoltaicos-fundamentossobre-dimensionamento\\_sum.pdf](https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/ofitexto.arquivos/sumarios/sistemas-fotovoltaicos-fundamentossobre-dimensionamento_sum.pdf)

CMMAD – COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E

DESENVOLVIMENTO. Nosso Futuro Comum. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1987. Disponível em: <https://www.cmmad.org.br/wp-content/uploads/2016/06/Nosso-Futuro-Comum.pdf>

COUTINHO, Leonardo de Andrade; VIDAL, Leonardo de Carvalho; AZEVEDO, Lucas de Paula; PIMENTA, Tales Cleber; PEREIRA, Newton Narciso. Estudo de viabilidade no dimensionamento de usinas solares nos principais terminais portuários brasileiros com o sistema “Shore Power”. In: ENGENHARIAS – Automação, Robótica, Metrologia e Energia: estudos e tendências. v. 1. Editora Científica Digital, 2023. p. 125-140. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/230212131.pdf>

JUSTIÇA FEDERAL DE PRIMEIRO GRAU, Subseção Sousa. Memorial Descritivo – Projeto de Sistema Solar Fotovoltaico 112,50 kWp. João Pessoa (PB): JFPB, 2021. Disponível em: [https://sistemas.jfbp.jus.br/media/Apendice\\_I\\_C\\_Memorial\\_Descritivo\\_Projeto\\_Energia\\_Fotovoltaica\\_On\\_Grid\\_Sousa.pdf](https://sistemas.jfbp.jus.br/media/Apendice_I_C_Memorial_Descritivo_Projeto_Energia_Fotovoltaica_On_Grid_Sousa.pdf)

KPMG. ESG: da estratégia à execução. São Paulo: KPMG, 2022. Disponível em: <https://home.kpmg/br/pt/home/insights/2022/01/esg-da-estrategia-a-execucao.html>

MELLIT, A. Sizing of photovoltaic systems: a review. Revue des Energies Renouvelables, v. 10, n. 4, p. 463-472, dez. 2007. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/228346580\\_Sizing\\_of\\_photovoltaic\\_systems\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/228346580_Sizing_of_photovoltaic_systems_A_review)

ONU. Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Nova Iorque: ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/ptbr/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>

PETROBRAS. Guia completo sobre Transição Energética: tudo sobre o que é, qual a importância, principais benefícios e mais. Nossa Energia, 2025. Disponível em: <https://nossaenergia.petrobras.com.br/w/transicao-energetica/tudo-sobretransicaoenergetica>

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio (orgs.). Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPEL/CRESESB, 2014. Disponível em: [https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf)

PORTAL SOLAR. Como instalar energia solar. 2025. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/como-instalar-energia-solar.html>

PORTAL SOLAR. Energia solar: o que é, para que serve, como funciona e benefícios. [s.d.]. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar>

PORTAL SOLAR. Energia solar fotovoltaica: impactos ambientais. 2025. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-fotovoltaica-impactosambientais>

PORTAL SOLAR. Pannel solar: o que é, como funciona e tipos. 2025. Disponível em: <https://share.google/b8ALqbd87HherY4Bb>

PWC. ESG no Brasil: Conceitos e Práticas. São Paulo: PwC, 2021. Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/estudos/esg-no-brasil.html>

SACHS, Ignacy. Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/khFz3JtFJY6R7P5mZT0Jt8p/?lang=pt>

TAB ENERGIA. Conheça todas as etapas de um projeto de energia solar. Blog TAB Energia, 2024. Disponível em: <https://blog.tabenergia.com.br/blog/conheca-todasasetapas-de-um-projeto-de-energia-solar>

WEF – WORLD ECONOMIC FORUM. Measuring Stakeholder Capitalism: Towards Common Metrics and Consistent Reporting of Sustainable Value Creation. Geneva: WEF, 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/measuring-stakeholdercapitalism>