

# ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO CENTRO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DA ARCELOR MITTAL TUBARÃO

**Bruna Machado Christ** – bruna7mc@hotmail.com

**Stefanie Lievore Cruz** – slievorec@gmail.com

**Warley Teixeira Guimarães** – wtguimaraes@gmail.com

FAESA - Faculdades Integradas Espírito-Santenses

**Resumo.** A busca por fontes de energia limpas e renováveis tornou-se muito importante no atual contexto mundial, devido ao esgotamento e aumento do preço de combustíveis fósseis. Além disso, uma série de consequências negativas ao meio ambiente são geradas pelas fontes fósseis, logo alternativas energéticas que não acarretem tantos prejuízos são o alvo de muitas pesquisas. É nesse contexto que a energia fotovoltaica, que utiliza a radiação solar para ser convertida em eletricidade, funciona como uma forma de minimizar os problemas com a poluição. As vantagens da energia fotovoltaica são inúmeras, dentre elas há a possibilidade de produzir energia em casa ou levar a lugares não atendidos pela distribuidora elétrica, como ilhas, campings, sítios, fazendas, embarcações e comunidades distantes. Em vista disso, neste projeto foi analisada a viabilidade técnica para a implementação de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica no Centro de Educação Ambiental da Arcelor Mittal Tubarão (CEA), em Vitória, ES. Foram analisadas as condições presentes no CEA, como estrutura dos telhados, áreas de sombreamento e consumo local. A decisão para o dimensionamento não foi tão simples, pois são poucos os telhados adequados para suportar o peso do conjunto de módulos fotovoltaicos e porque a área de sombreamento é significativa, entretanto, foi possível dimensionar um sistema isolado e um sistema conectado à rede para atender ao local e para fins educativos.

**Palavras-chave:** Educação ambiental, Energia Solar, Fotovoltaica

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda de energia elétrica em todo o mundo, aliada à necessidade de diminuir a dependência de combustíveis fósseis e a preferência por fontes de energia que não poluem, têm levado à busca de novas fontes de energia para a geração de eletricidade (Villalva & Gazoli, 2013).

O Sol possui um papel de extrema importância para a existência dos seres humanos e o Brasil possui uma posição geográfica privilegiada para explorar a luz solar (Santos & Jabbour, 2015). Segundo Varella e colaboradores (2009), o Brasil possui grandes reservas de quartzo para a produção de silício. É nesse contexto, que se insere a utilização de painéis fotovoltaicos, fonte de energia renovável, que não somente movimentam a economia, mas auxiliam no meio ambiente.

Os painéis se baseiam no efeito fotoelétrico para obtenção de energia. O efeito fotoelétrico ocorre por meio da transformação direta da luz em energia elétrica, recorrendo-se, para isso, às células solares (Sidawi e col., 2011). Novos tipos de células solares e materiais estão sendo desenvolvidos devido à competitividade e à concorrência entre pesquisadores, e por último, mas não menos importante, por causa de fatores políticos e econômicos (Cotfas & Cotfas, 2013).

No Brasil a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL, 2015). Tornando-se uma forma de incentivar e regulamentar o uso de tal fonte de energia nesse país.

Há dois tipos de sistemas fotovoltaicos: o sistema isolado (Off-grid) e o sistema conectado à rede (Grid-tie). O primeiro é caracterizado por não haver conexão com a rede elétrica, sendo a energia produzida armazenada em baterias que garantem o suprimento em períodos sem a radiação solar. O segundo opera em paralelismo com a rede elétrica, com o objetivo de gerar eletricidade para consumo local, podendo reduzir ou eliminar o consumo da rede pública ou mesmo gerar excedente de energia (Villalva & Gazoli, 2013).

A Arcelor Mittal Tubarão visa produzir com responsabilidade e ajudar a empresa e comunidades onde estão presentes a se desenvolverem de forma sustentável. Como uma primeira ação sistemática de educação ambiental, o Programa Interagir de Educação Ambiental foi iniciado pela empresa em 1996 em Vitória, ES. Direcionado inicialmente aos empregados próprios, em 2002, foi estendido aos empregados das empresas parceiras. Do Programa Interagir nasceu a ideia de criação do CEA, local onde se realizam os Encontros de Educação Ambiental, nos quais são apresentados, anualmente, os resultados do programa. Desde a sua criação, já foram apresentados mais de uma centena de trabalhos de

melhorias ambientais, desenvolvidos pelos empregados próprios e de empresas parceiras, e implantados em seus postos de trabalho visando à melhoria contínua e o aprimoramento da gestão ambiental da empresa. Estruturado a partir do conceito de que os investimentos em equipamentos e sistemas de controle ambiental só atingem eficiência e qualidade se acompanhados por um forte engajamento das pessoas, o objetivo central do Programa Interagir é promover a mudança de comportamento e atitudes frente às questões ambientais nas atividades da empresa.

Assim como a Arcelor Mittal Tubarão busca o desenvolvimento relacionado com a sustentabilidade, realizando a conscientização dos próprios empregados da empresa e também o público que visita as suas instalações, outros locais no Brasil vêm desenvolvendo ações para promover essa ideia, como em Búzios, RJ. Nesta cidade, há um programa chamado Cidade Inteligente que tem como objetivo promover a conscientização dos moradores para um consumo mais eficiente de energia. Com isso, três escolas municipais de Búzios estão utilizando painéis solares para gerar energia. A inovação é possibilitada por sistemas fotovoltaicos de 5kW para cada, instalados pela Prátil, empresa de serviços da Endesa Brasil, que podem gerar economia de até 30% na conta de luz das unidades. Já em Minas Gerais e São Paulo, um projeto idealizado pelo Greenpeace para a Escola Estadual Professor Oswaldo Aranha Bandeira de Mello (SP) e na Escola Municipal Professor Milton Magalhães Porto (MG), lançou uma campanha de crowdfunding (financiamento coletivo), para conseguir comprar o material necessário para instalar o sistema. Para a organização, a instalação dessa tecnologia em escolas pode ajudar a plantar uma semente de conscientização nas crianças, criando o hábito frequente de buscar soluções inteligentes renováveis para o problema de energia.

O objetivo do trabalho foi analisar a viabilidade técnica para instalação de geradores fotovoltaicos no Centro de Educação Ambiental da Arcelor Mittal Tubarão, e posteriormente, dimensionar um sistema de produção de energia solar fotovoltaica, tendo como base a Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17/04/2012, para atender ao consumo de energia elétrica nas edificações existentes.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Condições encontradas na Arcelor Mittal Tubarão

Durante o mês de julho do ano de 2015 foram levantados os dados referentes à estrutura, sombreamento e inclinação dos telhados do Centro de Educação Ambiental da empresa Arcelor Mittal Tubarão, localizada em Vitória-ES. O CEA é composto pelas edificações esquematizadas na Fig. 1.

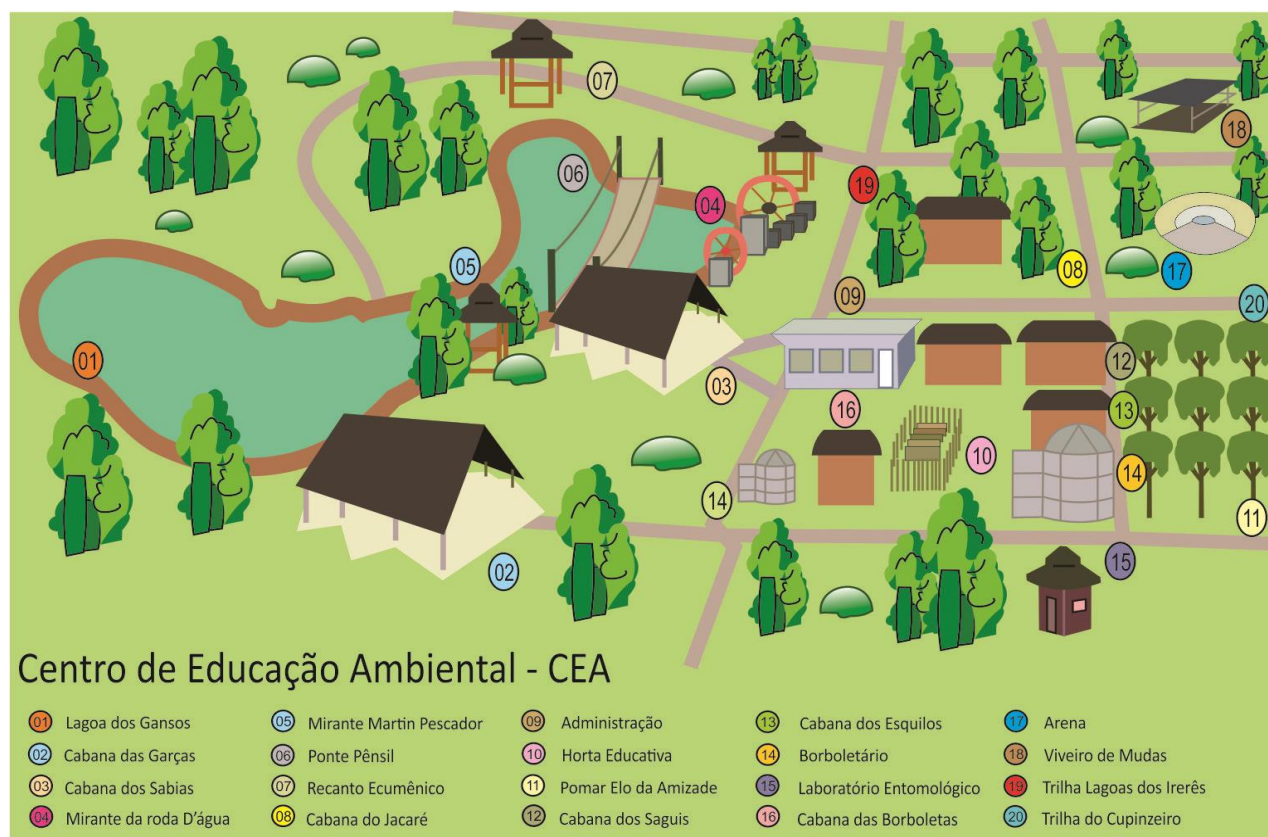


Figura 1 – Ilustração do Centro de Educação Ambiental da Arcelor Mittal Tubarão.

## 2.2 Determinação da estimativa de consumo elétrico do CEA

Foi realizado um levantamento das cargas instaladas e tempo de utilização, gerando uma estimativa do consumo elétrico do CEA, incluindo iluminação interna e externa de todas as edificações e o consumo dos condicionadores de ar. Para tanto, foram registrados a cada equipamento o número de horas diárias de utilização, por meio de consultas feitas aos funcionários. De acordo com o Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética, pode-se calcular o consumo médio de energia (kWh) de um equipamento de acordo com o seu hábito de uso, sendo necessária a procura da potência do aparelho no manual do fabricante. O consumo mensal médio foi obtido pela Eq. (1).

$$\text{Consumo} = \sum \frac{\text{Potência do equipamento (W)} \times \text{N}^{\circ} \text{ de horas utilizadas} \times \text{N}^{\circ} \text{ de dias de uso ao mês}}{1000} \quad (1)$$

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Determinação do consumo elétrico do CEA da Arcelor Mittal Tubarão

As Tab. 1 e 2 esquematizam o consumo energético do CEA. O consumo total é aproximadamente 10,5 MWh.

Tabela 1 – Estimativa de consumo mensal por iluminação do CEA da Arcelor Mittal Tubarão.

CONSUMO POR ILUMINAÇÃO	CONSUMO MENSAL (kWh/mês)
Área interna	740,6
Área externa	2095,2
Total	2.835,8

Tabela 2 – Estimativa de consumo total de cada edificação do CEA da Arcelor Mittal Tubarão.

LOCAL	CONSUMO MENSAL (kWh/mês)
Banheiros (feminino/masculino)	346,6
Administração	689
Escritório	445
Copa/Cozinha	319,9
Cabana do Jacaré	1889,2
Cabana do Saguí	434,7
Cabana dos Esquilos	352,8
Cabana do Sabiá	197,1
Cabana da Borboleta	39,4
Borboletário	268,3
Cabana das Garças	987,2
Vestiários (feminino/masculino)	443,5
Depósito de limpeza	3,52
Sala de reunião	41,3
Área externa	4027,1
Total	10.484,62

### 3.2 Mapeamento das zonas de sombreamento

As estruturas de telhado mais adequadas para suportar o peso do conjunto de painéis são as das edificações do banheiro e administração, de acordo com as respectivas estruturas. As demais edificações que compõem o CEA apresentam estrutura em madeira sem resistência suficiente para a implementação do sistema. As Fig. 2 e 3 mostram a esquematização do sombreamento encontrado nesses telhados. As inclinações referentes à água 1 de cada telhado são aquelas voltadas para o norte geográfico e as mais favoráveis para a instalação dos painéis. Essa orientação melhora o aproveitamento da luz solar ao longo do dia, pois durante todo o tempo os painéis recebem os raios solares incidindo sobre sua superfície.

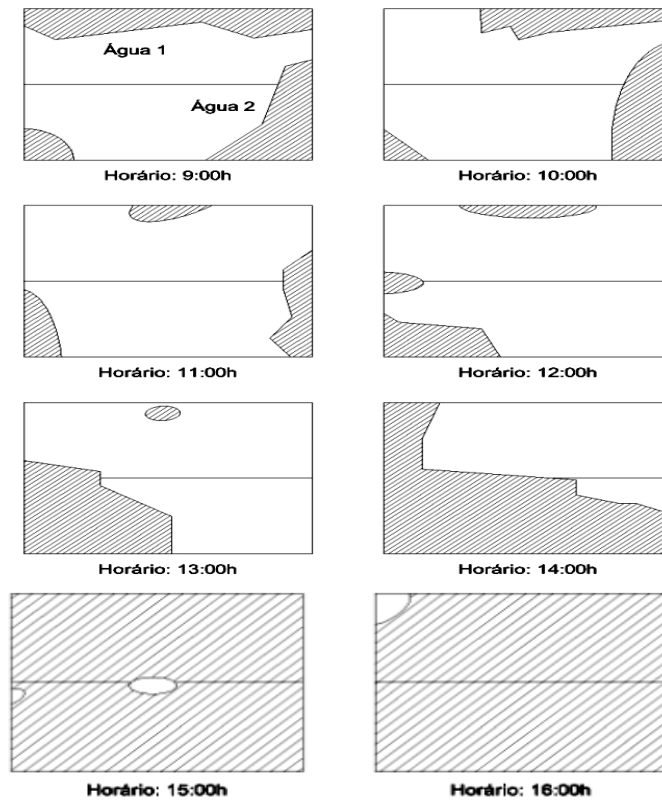


Figura 2 - Sombreamento sobre o telhado do prédio da administração ao longo do dia.

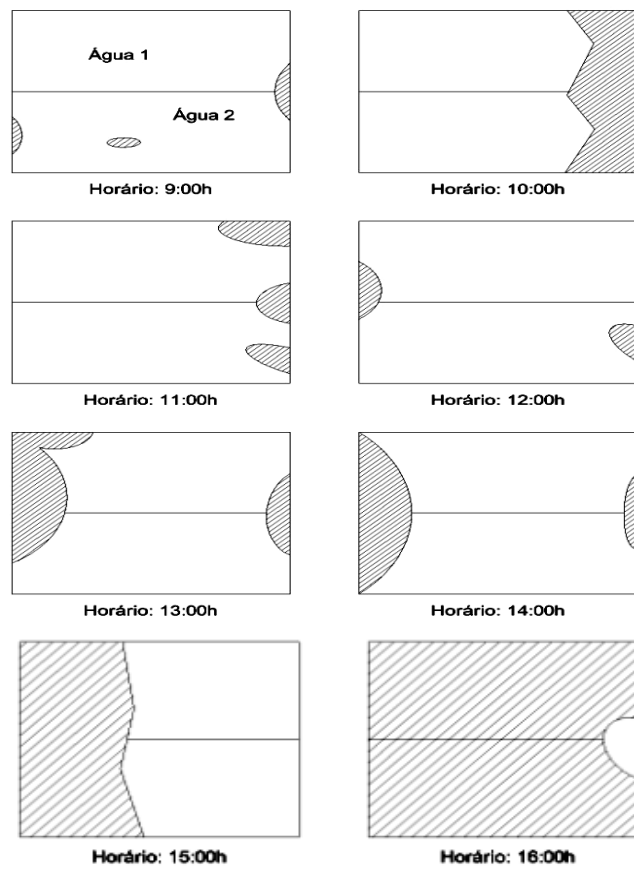


Figura 3 - Sombreamento sobre o telhado do prédio dos banheiros ao longo do dia.

### 3.3 Proposta para o Centro de Educação Ambiental da Arcelor Mittal Tubarão

Baseado nos dados levantados para o CEA da Arcelor Mittal Tubarão, propõe-se um sistema fotovoltaico conectado à rede nos telhados das edificações da administração e banheiros, orientados ao norte geográfico, com o intuito de atender o consumo de energia gerado pela iluminação interna. Também está incluída nesta proposta a implantação de um sistema isolado na forma de um totem, que funcionará como um posto de recarga de dispositivos móveis de telecomunicação.

Ambos os sistemas serão visíveis aos visitantes e, portanto, contribuirão para a educação ambiental daqueles que por lá transitarem.

Houve dificuldade na tomada da decisão quanto ao local de instalação do sistema, uma vez que a estrutura da maioria dos telhados não era suficientemente resistente para suportar todo o peso do conjunto de painéis, com exceção da edificação dos banheiros e da administração.

Outro problema enfrentado foi o sombreamento dos telhados, uma vez que há uma grande densidade de árvores próximas aos mesmos. São poucas as horas do dia nas quais ocorre uma radiação satisfatória para a produção de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos. Mesmo nos telhados selecionados a insolação ocorre diariamente entre 9 e 14 horas, um período de tempo relativamente curto.

### 3.4 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico Isolado

O sistema isolado proposto tem como objetivo a recarga de dispositivos móveis, e foi considerado o caso mais extremo de carregamento, com 15 cargas completas de celulares com capacidade de 3050 mAh (capacidade de carga alta para celulares) por dia e alimentação de uma lâmpada de LED de potência de 11 W para iluminação do totem exemplificado na Fig. 4. A energia consumida foi calculada com base no consumo desses dois equipamentos.

Além disso, com o propósito de garantir que em dias nublados o fornecimento de energia não será interrompido, a bateria usada deverá armazenar o dobro de energia necessária diariamente. A Tab. 3 mostra os equipamentos necessários para a configuração do totem que se baseará em um sistema fotovoltaico isolado.

Tabela 3 – Quantidade e especificação dos equipamentos para configuração do totem de recarga de dispositivos móveis.

EQUIPAMENTOS	QUANTIDADE	ESPECIFICAÇÃO
Luminária LED	1	Potência 11W
Painel fotovoltaico	1	Potência 255Wp
Controlador de carga	1	MPPT 10A/12V
Bateria estacionária	1	105Ah/12V
Inversor off-grid	1	12V/127V



Figura 4 - Exemplificação do totem de recarga de dispositivos móveis.

### 3.5 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede

O intuito do sistema conectado à rede proposto nesse projeto é atender à demanda de energia consumida para a iluminação interna do CEA. Uma proposta levantada para o futuro é a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED, que apresentam um consumo de energia menor.

O consumo da iluminação interna do CEA é de aproximadamente 740,6 kWh/mês. O sistema mostrado na Fig. 5 foi dimensionado para atender 80% da demanda energética.

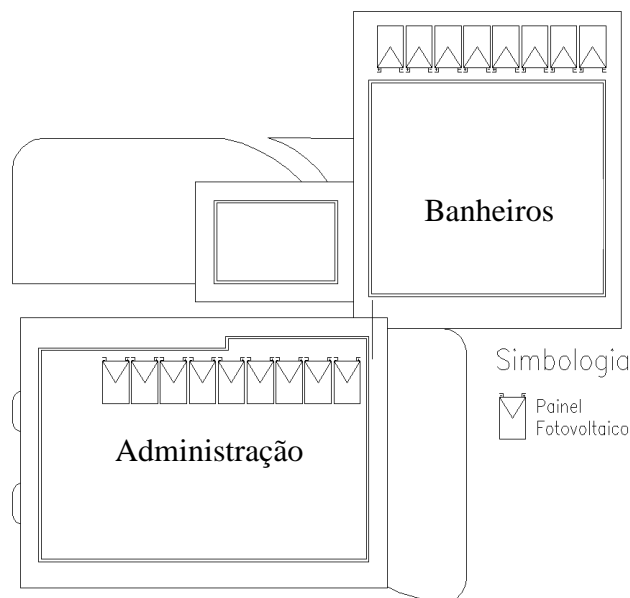


Figura 5 - Esquema da localização dos painéis fotovoltaicos sobre os telhados da administração e banheiro.

Os equipamentos necessários para o sistema conectado à rede elétrica estão especificados na Tab.4.

Tabela 4 – Especificação dos equipamentos para o sistema fotovoltaico conectado à rede.

EQUIPAMENTOS	QUANTIDADE	ESPECIFICAÇÃO
Painéis fotovoltaicos	17	Potência 255Wp
Inversor grid-tie	1	5000W/1000Vcc

## 4. CONCLUSÃO

O dimensionamento de um sistema fotovoltaico requer o conhecimento de uma série de condições locais. Para o CEA da Arcelor Mittal Tubarão as dificuldades enfrentadas foram as estruturas dos telhados, que na maioria não eram adequadas para suportar o peso do conjunto de painéis fotovoltaicos, o sombreamento significativo dos telhados e o alto consumo de energia para atender todas as cargas instaladas.

A solução encontrada nesse trabalho foi o dimensionamento de dois sistemas fotovoltaicos: isolado e conectado à rede. O primeiro apresenta como objetivo a recarga de dispositivos móveis de telecomunicação e o segundo, suprir 80% do consumo de iluminação interna da CEA. Ambos contribuirão para o meio ambiente e para fins educativos, uma vez que a Arcelor Mittal Tubarão é visitada frequentemente por estudantes e empregados da empresa.

Espera-se que a instalação física do projeto seja realizada em 2016 e que ele possa ser uma fonte educativa e conscientizadora para os cidadãos capixabas que visitarem o CEA, melhorando a percepção a cerca da energia solar fotovoltaica.

### Agradecimentos

Às Faculdades Integradas Espírito-Santenses (FAESA) e à Arcelor Mittal Tubarão, pelo apoio com o qual foi possível desenvolver este estudo.

## 5. REFERÊNCIAS

- Ambiente Energia. Disponível em <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2015/02/escolas-publicas-em-mg-e-sp-ganham-paineis-solares/25414>. Acesso em 20/10/2015.
- Ampla. Disponível em [https://www.ampla.com/media/332205/paineis\\_solares\\_buzios.pdf](https://www.ampla.com/media/332205/paineis_solares_buzios.pdf). Acesso em 20/10/2015.
- Aneel. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em 09/09/2015.
- Arcelor Mittal Tubarão. Disponível em <http://tubarao.ArcelorMittal.com/sustentabilidade/centro-educacao-ambiental/atividades/index.asp>. Acesso em 20/10/2015.
- Daniel Tudor Cotfas and Petru Adrian Cotfas, “A Simple Method to Increase the Amount of Energy Produced by the Photovoltaic Panels,” International Journal of Photoenergy, vol. 2014, Article ID 901581, 6 pages, 2014.
- Procel. Disponível em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BE6BC2A5F-E787-48AF-B485-439862B17000%7D>. Acesso em 23/10/2015.
- PROCEL INFO. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BE6BC2A5F-E787-48AF-B485-439862B17000%7D>
- Santos, J. B., Jabbour, C. J. C. Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais. Saude soc., São Paulo , v. 22, n. 3, p. 972-977, Sept. 2013 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-12902013000300026&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902013000300026&lng=en&nrm=iso)>. access on 09 Sept. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12902013000300026>.
- Sidawi, F. et al. Electrical properties in photovoltaic solar modules. Microelectronics International, Southampton, v. 28, n. 1, p. 12-16, 2011.
- Varella, F., Gomes, R. D. M., Januzzi, G. M. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no Brasil: panorama da atual legislação. Campinas: International Energy Initiative, 2009. Disponível em: <[http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/RELATORIO\\_PROJETO\\_2\\_FINAL.pdf](http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/RELATORIO_PROJETO_2_FINAL.pdf)>. Acesso em: 09 set. 2015.
- Villalva, M. G., Gazoli, J. R. Energia Solar Fotovoltaica - Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede. São Paulo, 2013.

### TECHNICAL FEASIBILITY ANALYSIS FOR THE IMPLEMENTATION OF A POWER GENERATION SYSTEM SOLAR PHOTOVOLTAIC IN EDUCATION CENTER OF ARCELOR MITTAL TUBARÃO

**Abstract.** *The search for clean and renewable energy sources has become very important globally, due to the exhaustion and rising prices of fossil fuels. In addition, a number of environmentally negative effects are generated by the use of fossil fuels as sources of energy and thus alternative energies with less negative impacts are the target of much research. In this context, photovoltaic energy, the use of energy generated by the sun to generate electricity, works as a way to minimize the problems with pollution generated by fossil fuels. The advantages of photovoltaic energy are numerous, among them there is the possibility of producing energy at home or bringing it to places not served by electricity distributors, such as islands, campsites, ranches, farms, boats and remote communities. Due to these advantages, this project analyzes the technical feasibility for the implementation of a photovoltaic solar power generation system at Environmental Education Center of Arcelor Mittal Tubarão (CEA), in Vitória, ES. The infrastructure present at CEA was analyzed, like structure of roofs, shading areas and local consumption. The decision for sizing was not simple, since there are few roofs suitable to support the weight of the photovoltaic modules. Because the shading area is significant, however, it was possible to scale both an Off-Grid system and a Grid-tie system to supply CEA and for educational purposes.*

**Key words:** *Environmental Education, Solar Energy, Photovoltaic*