



**cbESF**  
Natal - RN

V Congresso Brasileiro dos  
Engenheiros Sem Fronteiras  
2018

## PROJETO ESCOLA SUSTENTÁVEL: PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

*Carvalho C. S. K.; Peifer M. A.; Sfredo G. W.; Tagliari P. H.; Vicente S. de A.;<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Núcleo Florianópolis, Florianópolis, Santa Catarina

eng.carolina.sk@gmail.com; moniquepeifer@gmail.com;

giovani.sfredo@gmail.com;

pedroheusi@gmail.com;

engsamuelvicente@gmail.com

### **Resumo:**

O projeto escola sustentável é uma iniciativa do grupo Engenheiros sem Fronteiras Núcleo Florianópolis inserido no escopo do projeto maior *Tire a Bunda da Cadeira*, este último desenvolvido por um conjunto de lideranças locais de Florianópolis com o objetivo de integrar entidades ligadas a questões de desenvolvimento sustentável para que juntas possam promover atividades de impacto regional na direção de um futuro mais sustentável.

Buscou-se por meio da iniciativa promover atividades de conscientização ambiental com alunos, professores e profissionais de duas escolas públicas da grande Florianópolis, e, concomitantemente, trabalhar para apresentar alternativas técnicas que visassem a adequação do funcionamento da escola à moldes mais sustentáveis. Após uma análise dos membros do núcleo e discussões com os responsáveis pelas instituições se decidiu focar em duas proposições: captação e reutilização da água pluvial, e geração de energia fotovoltaica. O presente trabalho descreve a experiência do núcleo Florianópolis ao conduzir as análises e a confecção do projeto para instalação de um sistema de placas fotovoltaicas para ambas as escolas.

O projeto escola sustentável foi concluído de forma satisfatória, de modo a amplificar os conhecimentos de todos os envolvidos, membros do EsF - Núcleo Florianópolis, crianças e adultos das instituições envolvidas e demais envolvidos. É válido ressaltar que os conhecimentos obtidos não foram apenas teóricos, foram também humanos. A interação com a comunidade nos proporcionou uma experiência extraordinária, que tocou nossos corações e nos mostrou o significado da frase “Juntos somos mais fortes”.

**Palavras-chave:** *Energias renováveis, Energia fotovoltaica, águas pluviais*

## 1 INTRODUÇÃO

O Projeto Escola Sustentável é um projeto desenvolvido pela instituição Engenheiros sem Fronteiras - Núcleo Florianópolis com o objetivo de trabalhar dois grandes temas, educação ambiental e energias renováveis, em duas instituições da Grande Florianópolis. As instituições trabalhadas foram: Sociedade Eunice Weaver de Florianópolis - Educandário Santa Catarina (Educandário) e Escola de Educação Básica Rosinha Campos (Rosinha).

O Educandário é uma entidade filantrópica que tem como missão prestar serviços de assistência social, educação infantil e educação complementar à crianças que se encontram em situação de vulnerabilidade social da Grande Florianópolis (PORTAL DA



**cbESF**

**Natal - RN**

**V Congresso Brasileiro dos  
Engenheiros Sem Fronteiras**

**2018**

TRANSPARENCIA, 2018). Atualmente, o Educandário Santa Catarina atende cerca de 450 crianças, com idades de 1 ano e 2 meses a 5 anos, que permanecem em período integral e idades de 6 a 13 anos que permanecem no contraturno escolar. Além disso, a instituição conta com uma equipe de cerca de 80 funcionários.

O Rosinha Campos é uma escola estadual que tem como missão ser um espaço coletivo de apropriação - produção - reflexão - reelaboração de conhecimento que busca produzir as condições objetivas e determinantes (que favoreça no educando seu desenvolvimento cognitivo-linguístico, motor e afetivo), para que todos os envolvidos no processo possam construir sua identidade social na perspectiva do pleno exercício da cidadania. A Escola de Educação Básica Rosinha Campos atende 243 crianças e jovens, com idades de 1 a 18 anos, em dois turnos (matutino e vespertino) e conta com uma equipe de 27 funcionários.

No âmbito do projeto foram estudadas maneiras de tornar o funcionamento de ambas as instituições mais sustentável, optando-se ao fim por projetar sistemas de captação e reutilização da água pluvial e instalação de placas fotovoltaicas para melhor aproveitar os recursos naturais disponíveis e diminuir os impactos ambientais causados pela operação das escolas. As mudanças também foram pensadas de maneira a se tornar um marco que sirva de exemplo para outras instituições da região, mostrando que é possível realizar mudanças na direção de um mundo mais sustentável.

## **2 ESCOLA SUSTENTÁVEL**

O projeto Escola Sustentável foi empregado nas duas instituições mencionadas anteriormente, Educandário e Rosinha. Por tratar-se de duas instituições diferentes, que atendem crianças de diferentes idades, cada tema foi abordado e aplicado de acordo com a demanda de cada instituição. É válido ressaltar que todos os temas foram trabalhados nas duas instituições.

### **2.1 A equipe**

Para realizar o projeto Escola Sustentável, contamos com uma equipe de 5 engenheiros para cada instituição, finalizando um total de 10 engenheiros. No Educandário atuaram: André C. Lopes (Eng. Sanitarista e Ambiental), Carolina S. K. Carvalho (Eng. Civil), Jaqueline O. Brotto (Eng. Química), Júlia C. Dotto (Eng. Sanitarista e Ambiental) e Natália S. Pereira (Eng. Civil), e no Rosinha atuaram: Bruna Dumke, Oto Mourão, Patrícia S. Manske, Pedro H. Tagliari e Sanny D. Mendonça, todos Eng. civis, exceto Pedro, acadêmico do curso de Engenharia Civil. Todas as atividades foram coordenadas pelo diretor de projetos Samuel A. Vicente (Eng. Florestal) e supervisionadas pela presidente Monique A. Peifer, pelo vice-presidente Giovanni W. Sfredo e pela diretora de recursos humanos Larissa Piucco, todos Eng. Civis. Além dessas pessoas, pudemos contar com a presença de dois intercambistas, Dominic C. Sadie (Eng. Eletricista), natural da África do Sul, e Sabrina Sabella (Eng. de Energia), natural da Itália, realizado através de uma parceria do EsF - Núcleo Florianópolis juntamente com a AIESEC (*Association Internationale des Etudiants en Sciences Economiques et Commerciales*) - Florianópolis. A Figura 1 apresenta todos da equipe.



**cbESF**

**Natal - RN**

**V Congresso Brasileiro dos  
Engenheiros Sem Fronteiras**

**2018**

Figura 1 – Equipe Engenheiros sem Fronteiras - Núcleo Florianópolis.



Fonte: Os autores.

## 2.2 Projetos de instalação de placas fotovoltaicas

### 2.2.1. Capacitação SAM

Com o apoio da empresa júnior EneJr do curso de Engenharia de Energia - Universidade Federal de Santa Catarina, campus Araranguá - os membros do núcleo Florianópolis juntamente com membros da Ordem DeMolay local foram capacitados para o uso do *software* livre SAM (System Advisor Model) desenvolvido pelo National Renewable Energy Laboratory/Canada, especializado no desenvolvimento de projetos de instalação de placas fotovoltaicas. O curso teve duração de 4h e foi ministrado pelos membros da EneJr Estevan Mitchels e Rafael Henrique Bortolotti.

Figura 2 – Equipe do ESF e DeMolay no curso de capacitação do *software* SAM



Fonte: Os autores.

**cbESF****Natal - RN****V Congresso Brasileiro dos  
Engenheiros Sem Fronteiras****2018**

### 2.2.2. Projetos

Primeiramente foram feitos levantamentos da estrutura edificada de ambas as instituições e dos gastos das escolas com energia elétrica. A tabela 1 resume os dados das contas de energia das escolas.

Tabela 1 – Consumo e gastos mensais

MÊS	ROSINHA CAMPOS		EDUCANDÁRIO	
	CONSUMO (kWh)	VALOR (R\$)	CONSUMO (kWh)	VALOR (R\$)
08-2016	-	-	5,197	R\$ 5,964.83
09-2016	-	-	6,947	R\$ 4,960.06
10-2016	-	-	5,706	R\$ 4,084.49
11-2016	-	-	6,218	R\$ 4,466.94
12-2016	-	-	5,607	R\$ 3,987.93
01-2017	-	-	3,890	R\$ 2,792.35
02-2017	730	R\$ 399.40	4,051	R\$ 3,058.65
03-2017	1,810	R\$ 1,046.47	5,439	R\$ 3,960.43
04-2017	890	R\$ 480.38	6,987	R\$ 5,267.50
05-2017	1,100	R\$ 633.02	6,424	R\$ 4,326.91
06-2017	1,440	R\$ 794.16	7,422	R\$ 4,933.85
07-2017	1,350	R\$ 757.80	6,401	R\$ 4,307.20
08-2017	1,520	R\$ 862.43	5,822	R\$ 4,481.00
09-2017	1,490	R\$ 915.74	7,325	R\$ 5,785.89
10-2017	1,520	R\$ 866.39	-	-
11-2017	1,350	R\$ 881.79	-	-
12-2017	1,260	R\$ 779.62	-	-
01-2018	540	R\$ 315.24	5,335	R\$ 4,050.64
02-2018	1,230	R\$ 718.75	-	-
03-2018	1,280	R\$ 747.29	-	-

Fonte: Os autores.

Já nesta etapa preliminar de análise percebeu-se que a escola Rosinha Campos estava registrada no regime tarifário A, destinado a grandes consumidores, o que era incoerente quando analisados seu consumo. Muito se gastava consumindo na ponta (em horário de pico de consumo, onde a tarifa deste grupo fica mais elevada) e uma simples mudança de categoria poderia resultar em economias imediatas para a escola.

Com os dados de consumo de ambas as escolas criou-se um modelo para cada uma no software SAM de modo a estimar a quantidade de placas necessárias para suprir completamente sua demanda. A sequência de imagens abaixo mostra o passo-a-passo da construção do modelo para a escola Rosinha Campos.





1. Definiu-se a localização da escola.

Figura 3 – Definição da localização

The screenshot shows the NREL National Solar Radiation Database (NSRDB) interface. The left sidebar contains navigation options: Photovoltaic, No financial; Location and Resource; Module; Inverter; System Design; Shading and Snow; Losses; Simulate; Parametrics; Stochastic; P50 / P90; Macros. The main content area is titled 'NREL National Solar Radiation Database (NSRDB)' and includes a 'Solar Resource Library' section. The 'Weather file' is set to 'C:\SAM\2017.9.5\solar\_resource\Brazil BRA Florianópolis\_Arpt (INTL).csv'. The 'Header Data from Weather File' section shows: City: Florianópolis\_Arpt, Time zone: GMT -3, Latitude: -27.67 °N, State: BRA, Elevation: 5 m, Longitude: -48.55 °E, Country: Brazil, Data Source: SWERA, Station ID: 838990. The 'Annual Averages Calculated from Weather File Data' section shows: Global horizontal: NaN kWh/m²/day, Direct normal (beam): 3.90 kWh/m²/day, Diffuse horizontal: 1.99 kWh/m²/day, Average temperature: 20.7 °C, Average wind speed: 3.3 m/s, Maximum snow depth: NaN cm. The 'Files in Library' section shows a table of available weather files.

Name	Station ID	Latitude	Longitude	Time zone	Elevation
Brazil BRA Campo_Grande_Intl (INTL)	836120	-20.47	-54.67	-4	556
Brazil BRA Cuiaba_Marechal_Ron (INTL)	833620	-15.65	-56.17	-4	182
Brazil BRA Curitiba_Afonso_Pen (INTL)	838400	-25.52	-49.17	-3	908
Brazil BRA Florianópolis_Arpt (INTL)	838990	-27.67	-48.55	-3	5
Brazil BRA Fortaleza_Diogo_Mas (INTL)	837000	-3.70	-38.53	-3	75

Fonte: Os autores.

2. Na sequência foram escolhidos os módulos inversores do sistema.

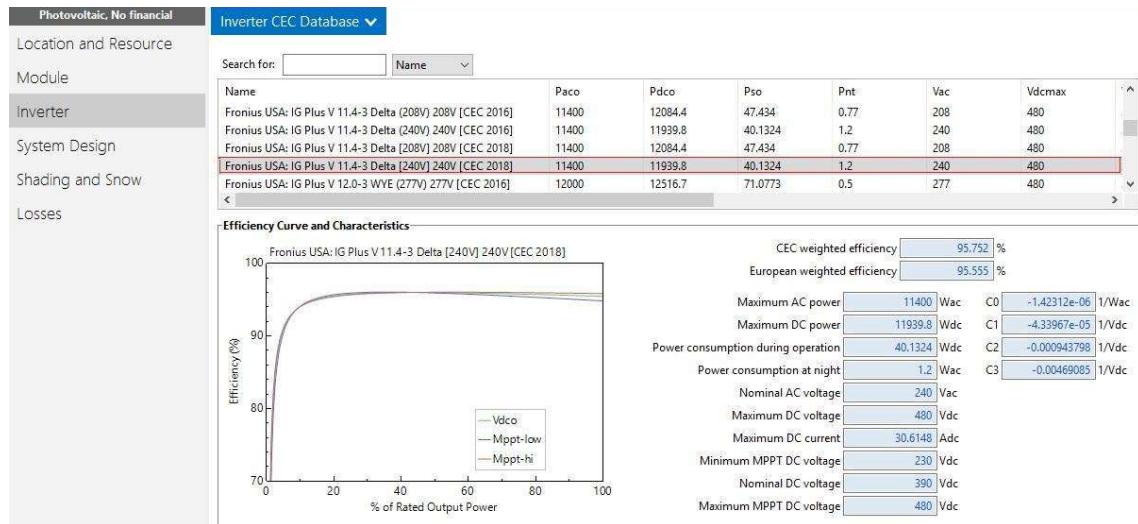
Figura 4 – Definição do modelo dos módulos do sistema

The screenshot shows the 'CEC Performance Model with Module Database' interface. The left sidebar contains navigation options: Photovoltaic, No financial; Location and Resource; Module; Inverter; System Design; Shading and Snow; Losses. The main content area shows a table of module characteristics for 'Canadian Solar CS6X-330P'. The table has columns: Name, I<sub>mp\_ref</sub>, V<sub>mp\_ref</sub>, A<sub>c</sub>, N<sub>s</sub>, I<sub>sc\_ref</sub>, V<sub>oc\_ref</sub>, and garr. The 'Module Characteristics at Reference Conditions' section shows a graph of Module Current (Amps) vs. Module Voltage (Volts) for Canadian Solar CS6X-330P. The graph shows a typical solar cell I-V curve. The 'Module Characteristics at Reference Conditions' section also shows a table of parameters: Nominal efficiency: 17.377 %, Maximum power (Pmp): 330.336 Wdc, Max power voltage (Vmp): 37.2 Vdc, Max power current (Imp): 8.9 Adc, Open circuit voltage (Voc): 45.6 Vdc, Short circuit current (Isc): 9.4 Adc, Temperature coefficients: -0.400 %/°C, -1.321 W/°C, -0.307 %/°C, -0.140 W/°C, 0.047 %/°C, 0.004 A/°C.

Name	I <sub>mp_ref</sub>	V <sub>mp_ref</sub>	A <sub>c</sub>	N <sub>s</sub>	I <sub>sc_ref</sub>	V <sub>oc_ref</sub>	garr
Canadian Solar CS6X-330M-FG	8.8	37.5	1.952	72	9.31	45.9	-0.4
Canadian Solar CS6X-330P	8.88	37.2	1.901	72	9.45	45.6	-0.4
Canadian Solar CS6X-330P-FG	8.88	37.2	1.952	72	9.45	45.6	-0.4
Canadian Solar CS6X-330PN	8.88	37.2	1.901	72	9.45	45.6	-0.4
Canadian Solar CS6X-335M-FG	8.87	37.8	1.952	72	9.41	46.1	-0.4
Canadian Solar CS6X-340M-FG	8.97	37.9	1.952	72	9.48	46.2	-0.4
Canadian Solar CS6X-345M-FG	9.06	38.1	1.952	72	9.56	46.4	-0.4
Canadian Solar CS6X-350M-FG	9.14	38.3	1.952	72	9.67	46.6	-0.4

Fonte: Os autores.

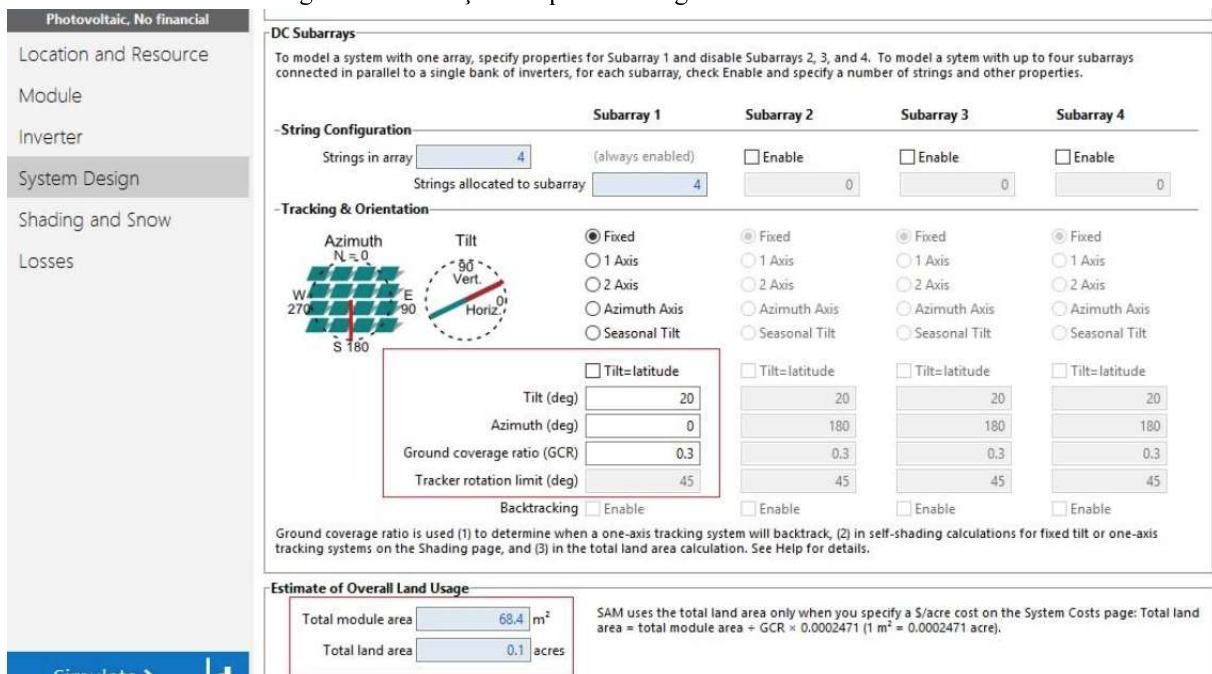
Figura 5 – Definição do modelo dos inversores do sistema



Fonte: Os autores.

- Para finalizar procede-se o dimensionamento do sistema indicando o número de placas por string e o número de strings em paralelo. Defini-se também o azimute e o ângulo de inclinação dos painéis baseado no layout da escola.

Figura 6 – Definição dos parâmetros geométricos e de circuito



Fonte: Os autores.

- Usando o software SketchUp realizou-se um estudo de sombreamento do local para selecionar o melhor posicionamento das placas nos telhados, e um estudo da produção do sistema durante sua vida útil estimada de 25 anos.



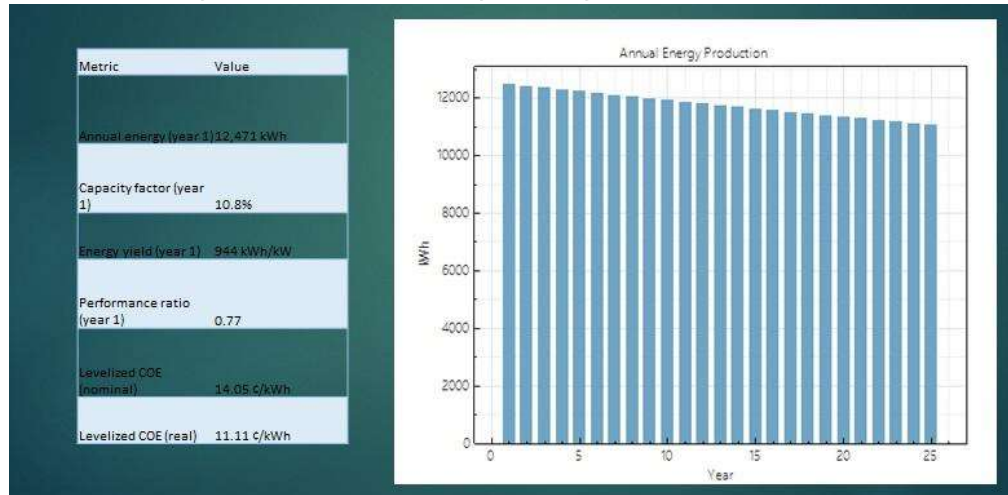
# cbESF

Natal - RN

## V Congresso Brasileiro dos Engenheiros Sem Fronteiras

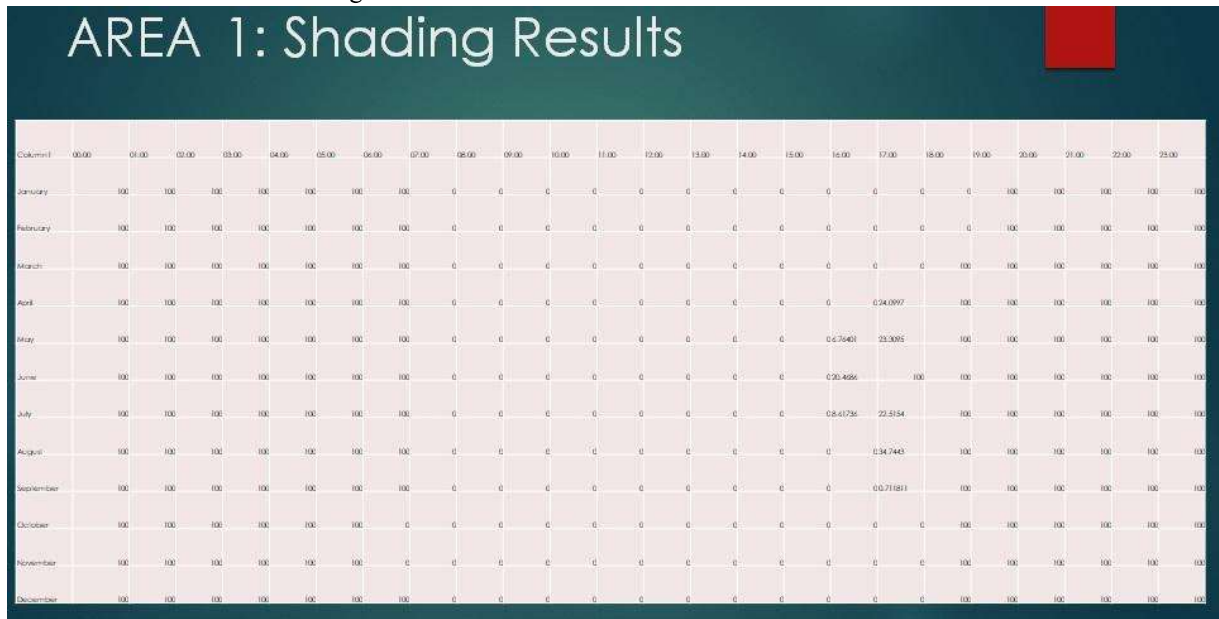
2018

Figura 7 – Produção de energia ao longo da vida útil do sistema



Fonte: Os autores.

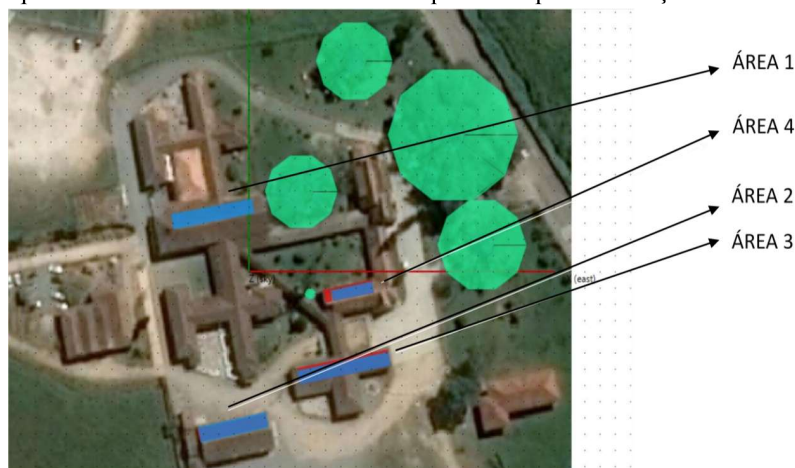
Figura 8 – Análise do sombreamento sobre o sistema



Fonte: Os autores.



Figura 9 – Mapa das áreas levantadas com o melhor potencial para instalação na escola Educandário



Fonte: Os autores.

A Tabela 2 resume os resultados obtidos do dimensionamento do sistema. Para a escola Educandário, devido seu alto consumo, foram propostas duas opções.

Tabela 2 – Resultados do dimensionamento

	ROSINHA CAMPOS	EDUCANDÁRIO - OPÇÃO 01	EDUCANDÁRIO - OPÇÃO 02
Módulo	Canadian Solar CS6X - 330P	Canadian Solar CS6X - 330P	Canadian Solar CS6X - 330P
Número de Painéis	40	150	160
Módulos por string	10	10	10
Strings em paralelo	4	15	16
AC/DC	1.1	1.1	1.1
Inversor	1 Fronius USA: IG Plus V 11.4-3 Delta	4 Fronius USA: IG Plus 12.0-3 WYE	1 SMA America ST42

Fonte: Os autores.

### 2.3 Implantação

O núcleo Florianópolis encontra-se atualmente buscando parceiros e colaboradores que auxiliem na viabilização financeira dos projetos apresentados.

## 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto foi desenvolvido e finalizado de maneira satisfatória, estando o grupo e os representantes das instituições no presente momento engajados na busca de recursos para viabilizá-lo. Para ambas as escolas foram previstos sistemas capazes de suprir toda a demanda local de energia, podendo ainda o excedente ser devolvido à rede de distribuição e gerar créditos para a Secretaria de Educação Estadual que poderão ser utilizados em outra escola estadual. Ainda para a escola Rosinha Campos se percebeu uma oportunidade de economias imediatas ao se efetuar uma simples mudança de regime de cobrança.

Durante o processo de concepção e formalização muito se aprendeu sobre energias renováveis, seus aspectos técnicos e o cenário atual de desenvolvimento e viabilidade. Mas, para além destes conhecimentos, o trabalho se deu de forma integrada com toda a equipe





**cbESF**

**Natal - RN**

**V Congresso Brasileiro dos  
Engenheiros Sem Fronteiras**

**2018**

ESF-Florianópolis, intercambistas e colaboradores da EneJr, exigindo comprometimento e muito trabalho em equipe. Todo o trabalho só foi viabilizado graças a atuação colaborativa de todos. Gratidão à todos os envolvidos.

### *Agradecimentos*

Aos funcionários e professores do Educandário e do Rosinha por terem aberto as portas de suas instituições e terem nos acolhido tão bem. Ao AIESEC por terem disponibilizado a vinda dos intercambistas para o Brasil. Aos intercambistas pelo auxílio, troca de experiências e aprendizagem. À ENEJr, em especial a seus integrantes Estevan Mitchels e Rafael Henrique Bortolotti, que nos auxiliaram com a capacitação e consultoria do projeto. À Ordem Demolay. À todos que, de alguma forma, contribuíram para que esse projeto pudesse ser realizado.

### **REFERÊNCIAS**

EDUCAÇÃO. **Educação Ambiental**. Disponível em: <https://www.educacao.cc/category/ambiental/>. Acesso em: 04 set. 2018.

PORTAL DA TRANSPARÊNCIA. **Sociedade Eunice Weaver de Florianópolis - Educandário Santa Catarina**. Disponível em: [http://www.portaltransparencia.org.br/default/ong/index/ong\\_id/36#/ong/quem-somos/](http://www.portaltransparencia.org.br/default/ong/index/ong_id/36#/ong/quem-somos/). Acesso em: 04 set. 2018.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. **System Advisor Model Version 2017.9.5 (SAM 2017.9.5)**. <https://sam.nrel.gov/content/downloads>. Acesso em: 07 set. 2018.



**cbESF**  
Natal - RN

V Congresso Brasileiro dos  
Engenheiros Sem Fronteiras  
2018

---

## **SUSTAINABLE SCHOOL PROJECT: PROPOSAL OF A GENERATION SYSTEM FOR PHOTOVOLTAIC ENERGY**

### ***Abstract:***

*The sustainable school project is an initiative from the Engineers without Borders - group Florianópolis. It is inserted in the scope of a greater project called Tire a Bunda da Cadeira, which was conceived by a group of local leaderships from Florianópolis aiming an integration of sustainable development related entities. Together they hope to promote regional impact initiatives targeting a more sustainable future.*

*With this initiative the group expected to promote activities of environmental awareness with students, teachers and professionals of two public schools of the great Florianópolis. At the same time the group worked to present technical solutions to aligning the school operations with the aforementioned sustainable goals. After a preliminary analysis from the members and a round of discussions with the schools' staff it was decided to work with two propositions: capture and reuse of rainwater, and photovoltaic energy generation. The present work describes the experience of the Florianópolis group as it conducted the analysis and design of a project to install a system of photovoltaic panels for both schools.*

*The sustainable school project was successfully concluded. It has enhanced the knowledge of all EwB members, children and adults of both institutions and other involved collaborators. It is important to notice that the results are not restricted only to technical domain, but also human: the integration with the community has provided an extraordinary experience that touched our hearts and showed us the meaning of our motto "Together we are stronger".*

**Keywords:** *Renewable energy, Photovoltaic power, rainwater*