# UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

# SYSTEM ADVISOR MODEL

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO









BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ENERGIA EES7304 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PROF. DR. GIULIANO ARNS RAMPINELLI MONITORA: BRUNA NEVES PRUDENCIO

#### SYSTEM ADVISOR MODEL - SAM

O SAM é um software gratuito disponibilizado pelo NREL. Esse software é usado para calcular a energia elétrica horária de um sistema de energia renovável no período de um ano. Há diversas tecnologias disponíveis no SAM, entre elas: fotovoltaica; energia eólica – onshore e offshore; concentrador solar; geotérmica e biomassa. Entretanto, o foco principal do software é a simulação de energia solar fotovoltaica, sendo essa a parte mais desenvolvida e que é a mais utilizada. Há também possibilidade de usar modelos financeiros. O software também considera características específicas no dimensionamento, como a área necessária, sombreamento, entre outros.

Este tutorial seguirá um passo a passo a fim de poder realizar um dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede. Para isso, haverá uma explicação seguida de imagens que foram retiradas do próprio software.

Será dimensionado um sistema fotovoltaico residencial localizado no estado de SC e considerando localização para o norte e inclinação do telhado de 20°. Na Tabela 1 tem-se os dados do consumo de energia elétrica de uma residência no período de um ano, e com esses dados calcula-se a potência do sistema.

Mês	Consumo (kWh)
jan	544
fev	511
mar	452
abr	407
mai	331
jun	182
jul	148
ago	171
set	226
out	262
nov	280
dez	339
TOTAL	3853

Tabela 1 – consumo mensal de energia.

Aqui considera-se uma irradiação média diária anual (H) de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>.dia o que significa irradiação anual de 1642 kWh/m<sup>2</sup>.ano, também se considera um valor de *performance ratio* (Pr) padrão de 0,8 pois esse valor muda dependendo do local. Considerando G que é a irradiância no valor de 1 kW/m<sup>2</sup> e que a produtividade (Y) é igual a H divido por G, então Y é igual 1642 kWh/kW. Como é um sistema monofásico, ou seja, o consumidor sempre terá que pagar por um valor mínimo de 30 kWh, desconta-se o valor da disponibilidade da energia anual ficando com valor de 3493 kWh. Por fim, obtêm-se o valor necessário de potência do sistema.

$$Pot = \frac{E}{Y.Pr}$$

Então o valor da potência do sistema deve ser 2,66 kWp.

O primeiro passo para iniciar o dimensiomento é baixar o programa que está disponível no site: <u>https://sam.nrel.gov/download.html</u>

Ao abrir o programa é solicitado um e-mail e em seguida será enviado uma chave de acesso para esse e-mail. Depois de inserir a senha o programa irá abrir a tela inicial apresentada na Figura 1.



Para começar um novo projeto (Figura 2) clique em 'Start a new project' ou se você já começou um projeto clique em 'Open a project file'. Depois clique em 'Photovoltaic' em seguida em 'Detailed PV Model' então abrirá um novo menu, clique em 'No Financial Model' e por último em 'OK'.

- 6 X		* SAM 2020.2.29
And A strength of the strength	se from the available financial models.	Choose a performance model, and then choo
Welcome      Average in the solar resource downloads from the NSRDB. If     the solar performance models, please download from the NSRDB. If     the solar performance models, please download the file directly     for free SAM webinars for 2020! The first is an introduction to SAM     the dule and registration links, see the <u>bthes/yeam.orel.gov/events</u> ments to SAM's financial models, which may include enlinely new     grapestions thread of the SAM forum.      SAM Would you like to meet the SAM team? Join us for a <u>SAM     o</u> -minute enline sessions are held the last Thursday of each monthat     ineed to participate is a computer with an internet connection.      Descriptions	e from the available financial models.	Choose a performance model, and then choo Photovoltaic Detailed PV Model PVWatts High Concentration PV Battery Storage Concentrating Solar Power Marine Energy Wind Fuel Cell-PV-Battery Geothermal Solar Water Heating Biomass Combustion Generic System



Na Figura 3 pode-se observar que há menu lateral com localização, módulo, inversor, design do sistema, sombreamento e layout, perdas e limites de grade.

Os espaços em branco são as partes editáveis, são parâmetros que tem que ser informados ao software e os espaços em azul são parâmetros que não são editáveis, são informações que o programa fornece referente aos parâmetros que escolhemos.

* SAM 2020.2.29	-	٥	×
File 🗸 🕂 Add untitled	j.↓		Help
Photovoltaic, No financial Location and Resource	Solar Resource Library The Solar Resource library is a list of weather files on your computer. Choose a file from the library and verify the weather data information below.		
Module Inverter	Tou have for added any vestiger faits to your londry. Lo add they use the download tool below to get Wesher files food the fiscolo or clice add kemove Wesher file folders to add files form pour computer. The default library comes with only a few weather files to help you get started. Filter: Name		
System Design	Name Latitude Longitude Time zone Elevation Station ID Source		
, ,	daggett_ca_34.865371116.783023_psmv3_60_tmy 34.85 -116.78 -8 561 91486 NSRDB		
Shading and Layout	des_moines_ia_41.58683593.624959_psmv3_60_tmy 41.57 -93.62 -6 263 757516 NSRDB		
	fargo_nd 46.9-9.68_mts1_60_tmy 46.9 -96.8 -6 Z74 14914 TMV2		
203303	mperat_ca_2c.ass.co_111.3/2586_pstms_00_tmysc.co_111.3/8 -5 -20 /2511 NSR0B		
Grid Limits			
	computer, dick Add/remove Weather File Folders and add folders containing the files.		
	Refresh library		
	Download Weather Files         The NSDB is a database of thousands of weather files that you can download and add to your to your solar resource library: Download a default typical-year (TMM) (lie formost ling-term scale they to nose files to download for single-year or PS0/P90 analyses. See Help for details.		
Simulate >	The following information describes the data in the highlighted weather file from the Solar Resource library above. This is the file SAM will use when you click Simulate.		
Parametrics Stochastic	Weather file Cx\SAM\2220.2.29\solar_resource\phoenic_az_33.450495111.983688_psmv3_60_tmy.csv View data		
D50 / D00 Macros	Handar Date from Washing File		

Figura 3 – Apresentação do software SAM.

# LOCALIZAÇÃO

O programa já vem com algumas localizações quando é baixado, entretanto, as versões mais novas não estão vindo com os locais no Brasil. Então há duas opções:

1 - Baixar uma versão antes de 2018 do programa. Ir até a pasta criada na memória do seu computador com nome 'SAM' dentro dessa pasta você copia a pasta 'solar\_resource' e salva no seu computador. Dentro dessa pasta tem os dados necessários para fazer simulações para diversos lugares. Depois disso você pode desinstalar a versão antiga do SAM e instalar a versão mais recente ou a versão 2020.2.29 a qual está sendo usada para este tutorial, e faz o mesmo procedimento para achar a pasta 'solar\_resource', com isso exclui-se essa pasta e cola-se no mesmo lugar a pasta de mesmo nome salvo anteriormente por você.

2 – Ir nesse link: <u>https://bit.ly/2BpIOka</u> baixar a pasta e seguir o mesmo procedimento de substituir a pasta 'solar\_resource'.

Depois disso você pode começar o dimensionamento, o primeiro passo é escolher um local. Nesse exemplo é feito o dimensionamento de um sistema residencial, que fica na cidade de Laguna. O sistema será colocado no telhado, assim, é importante saber qual a sua inclinação e orientação. Para esse exemplo considerar-se que a inclinação é de 20° e a orientação do telhado é o para o norte. Pois sabe-se que para o hemisfério sul a orientação ideal é o norte.

No banco de dados do SAM tem apenas os dados das capitais dos estados brasileiros, porém isso não é um problema, já que a diferença de irradiação entre as localidades próximas é de 5%, o que é bem pequeno e aceitável para fazer esse dimensionamento. Assim, como está sendo usado uma cidade de Santa Catarina, usa-se os dados de Florianópolis.

Conforme visto na Figura 4 em '*Filter*' deve-se digitar o nome do local que deseja e clicar sobre a opção escolhida, em seguida os quadrados em azul apresentarão os paramêtros referente ao local escolhido. Feito isso pode-se seguir para o próximo passo que será a escolha de módulos e inversor.

* SAM 2020.2.29		- 0 ×
File 🗸 🕂 Add untitled		📕 Help
Photovoltaic, No financial		,
Location and Resource	Name Intrude Lengitude Time same Elevation Station ID Source	
Module	Name Sanda Conjunction Internet Construction Statistics Sanda Constructics Sanda Construction St	
module	Brazil BRA Curitiba Afonso Pen (INTL) -25.52 -49.17 -3 908 838400 SWERA	
Inverter	Brazil BRA Cuiaba Marechal Ron (INTL) -15.65 -56.1 -4 182 833620 SWERA	
	Brazil BRA Campo_Grande_Intl (INTL) -20.47 -54.67 -4 556 836120 SWERA	
System Design	Read BRA Baudie (15.648 (817)) 45 87 47 9 4051 03780 04(7)A	
Shading and Layout	SAM scans the following folders on your computer for valid weather files and adds them to your Solar Resource library. To use weather files stored on your computer, click Add/remove Weather file Folders and add folders containing the files.	
Losses	Add/remove weather file folders	
Grid Limits	Refresh library	
	The NSRDB is a database of thousands of weather files that you can download and add to your to your solar resource library. Download a default typical-year (TMI) file for most long-term cash flow analyses, or choose files to download for single-year or PS0/P90 analyses. See Help for details.  One location Multiple locations Logacy data (advanced)	
	Type a location name, street address, or latitude and longitude Default TMY file $\checkmark$ Download and add to library	
	For locations not covered by the NSRDB, click here to go to the SAM website Weather Page for links to other data sources.	
	Weather Data Information	
	The following information describes the data in the highlighted weather file from the Solar Resource library above. This is the file SAM will use when you click Simulate.	
	Weather file         C:\SAM\2020.2.29\solar_resource\Brazil BRA Florianopolis_Arpt (INTL).csv         View data	
	-Header Data from Weather File	
Simulate > 🛃	Latitude -27.67 DD Station ID 838990	
Parametrics Stochastic	Longitude -48.55 DD Data Source SWERA	
P50 / P90 Macros	Time zone GMT-3 For NSRDB data, the latitude and longitude shown here from the weather file header are the coordinates of the	,

Figura 4 – Escolha do local do dimensionamento.

#### MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Com base no cálculo anterior será necessário um sistema de 2,66 kWp. Será utilizado módulos de 330 Wp, totalizando 8 módulos, sendo assim dimensionado um sistema de 2,64 kWp. Essas pequenas diferenças podem ocorrer, pois devemos levar em consideração diversos fatores, entre eles a disponibilidade de módulos no mercado e seu valor. Assim, quando vamos fazer um dimensionamento real devemos levar em consideração esses fatores e tentar usar parâmetros mais próximo possível do que se tem disponível.

O módulo fotovoltaico escolhido (Figura 5) para esse exemplo é *Canadian Solar CS6X-330PN*, o valor 330 que aparece no nome se refere a potência do módulo, isso se repete para todos os módulos disponíveis.

Nesse ponto é importante observar os parâmetros apresentado: curva IV, eficiência nominal, potência máxima, tensão de máxima potência, corrente de máxima potência, tensão de circuito aberto e a corrente de curto-circuito.

Há outros parâmetros como a área do módulo e o número de células. Importante observar a área, pois como será colocado em cima de um telhado, é necessário que a área total dos módulos não ultrapasse esse espaço.



Figura 5 – Escolha do módulo fotovoltaico.

#### INVERSOR

A escolha do inversor, visto na Figura 6, deve levar em conta a potência do sistema. No SAM há uma grande quantidade de dados de diversos tipos de inversores, deve-se escolher aquele que mais adequado ao seu sistema e com características parecidas ao inversor que você tem disponível no mercado. Um parâmetro importante é o fator de dimensionamento do inversor (FDI) que é definida como a razão entre a potência nominal do inversor e a potência de pico do gerador fotovoltaico. É prática comum dimensionar inversores com menor potência do que o sistema, pois considera-se que raramente o sistema irá gerar toda a energia de sua capacidade total. O parâmetro '*Paco'* refere-se à potência do inversor e para este exemplo vamos usar o inversor *SunPower SPR-2500 [240V]* de 2,5 kW.



Figura 6 – Escolha do inversor.

É importante observar alguns parâmetros nas escolhas de módulos e inversor, pois esses devem ser compatíveis.

#### SISTEMA

Em 'System Desing' (Figura 7) insere-se a quantidade de módulos e strings. Nesse caso preencha os espaços em branco, primeiro em 'Modules per string in subarray' com 8 e depois em 'String um parallel in subarray' com 1. Então tem-se oito módulos em uma string.

SAM 2020.2.29: C:\Users\neves\One	Drive\Área de Trabalho\2020\PROJETO FV\tutorial SAM.sam	- 6 >	8
File 🗸 🕂 Add Untitled	d 🗸	🗖 Не	р
Photovoltaic, No financial Location and Resource Module Inverter System Design Shading and Layout Losses	AC Sizing       Sizing Summary         Number of inverters       1         DC to AC ratio       1.05         Size the system using modules per string and strings in parallel inputs below.       Total AC capacity       2.643       KWdc       Number of modules reading and strings         DE to AC ratio       1.05       Total AC capacity       2.633       KWdc       Number of strings         De to AC ratio       1.05       Total inverter DC capacity       2.633       KWdc       Total module area         De to AC ratio       1.05       Total inverter DC capacity       2.633       KWdc       Total module area         De to Capacity       2.633       KWdc       Total module area       Total inverter DC capacity       Total module area         Do Sizing and Configuration       10       Total disable Subarrays 2, 3, and 4. To model a system with up to tour subarray, check Enable and specify a number of strings and other properties.       Sizing and other properties.	s 8 s 1 a 152 m <sup>2</sup> ys connected in	
Grid Limits	Subarray 1     Subarray 2     Subarray 3     Subarray 4       Electrical Configuration     (always enabled)     Enable     Enable     Enable     Enable       Modules per string in subarray     8       String in parallel in subarray     8       String Voc at reference conditions (V)     364.8       String Voc at reference conditions (V)     297.6       -Tracking & Orientation     0       Azimuth     0       1 Axis     0       2 Axis       5 160     Sessenal Tit		
Parametrics Stochastic P50 / P90 Macros	Init_latitude           Tift (deg)           Azimuth (deg)		

Figura 7 – Ajuste da configuração do sistema.

É necessário analisar se o sistema está adequado em relação à combinação de módulo fotovoltaico e inversor, essa é uma etapa fundamental.

Primeiro tem-que que analisar a tensão de circuito aberto dos módulos, seu valor total não pode exceder a tensão máxima de entrada do inversor. Como há oito módulos em uma string, eles estão em série, então há uma tensão total de 364,8 V. Deve-se comparar esse valor com a máxima tensão de entrada do inversor, que é 400 V, dessa forma esse primeiro item está adequado, então iremos para a próxima análise.

Também é preciso conferir a faixa de operação do inversor, ou seja, o valor máximo e mínimo de MPPT, que é de 100 V a 400 V. A string tem um valor de V<sub>mp</sub> de 297,6 V, como este valor está dentro da faixa de valores de operação pode-se seguir para o último item a ser conferido.

A corrente máxima dos módulos tem valor de 8,9 A e a corrente máxima de entrada do inversor é de 12,1 A. Logo como a corrente da string não excede o valor da corrente de entrada e a análise está completa e percebe-se que os módulos escolhidos são compatíveis com o inversor.

## ÂNGULOS DE INCLINAÇÃO E DE AZIMUTE

A inclinação e orientação dos módulos é um fator muito importante no momento do dimensionamento, deve-se buscar a melhor orientação para ter o máximo aproveitamento do sistema. Para o hemisfério sul a orientação ideal é o norte. Para a inclinação, o ideal é que seja a mesma da latitude do local, mas esse parâmetro é bem variável, pois muitas vezes os sistemas são instalados nos telhados de residências e deve se adequar ao mesmo.

Para demostra essa diferença primeiro realiza-se uma simulação com orientação para o sul, ou seja, azimute 180° e inclinação de 20°.

Ainda em 'System Design' (Figura 8) tem-se que preencher em 'Tilt' com a inclinação de 20° e em 'Azimulth' com 180°. Depois clique em 'Simulate' e você será direcionado a outra página.

SAM 2020.2.29: C:\Users\neves\One	Drive\Área de Trabalho\2020\PROJETO FV\tutorial SAM.sam		-	0 X	_
File 🗸 🕂 Add untitled	l •			📑 Help	
Photovoltaic, No financial Location and Resource Module	Number of modules in subarray String Voc at reference conditions (V) String Vmp at reference conditions (V)	8 364.8 297.6			~
Inverter	-Tracking & Orientation				
System Design Shading and Layout	Azimuth N=0 270 270 270 270 270 270 270 270 270 27	ed Avis Avis imuth Axis			
LOSSES	\$ 180 Se	asonal Tilt			
Gria Limits	Tit (deg) Azimuth (deg) Ground coverage ratio (GCR) Ground coverage ratio (GCR) Ground coverage ratio is used (1) to determine when a or tracking systems on the Shading page, and (5) in the tota Bertical String Informations	e=latitude 20 180 45 45 able able land area calculation. See Help for defails.			
Simulate >	Maximum DC voltage 400.0 Vdc Minimum MPT voltage 100.0 Vdc Maximum MPT voltage 400.0 Vdc Voltage and capacity ratings are at module reference conditions chown on the Module page	No system sizing messages.			
Parametrics Stochastic P50 / P90 Macros	Estimate of Overall Land Usage Total module area Total land area 0.0 acres	SAM uses the total land area only when you specify a S/acre cost on the System Costs page: Total land area - total module area - GCR $\times$ 0.0002471 (1 m <sup>2</sup> - 0.0002471 serc).		1	~

Figura 8 – Escolha de angulos de azimulte e inclinação dos módulos.

Agora analisando o gráfico na Figura 9 pode-se observar o quanto o sistema irá gerá com essa configuração. Então há uma produção de energia anual de 2317 kWh.



Figura 9 – Gráfico da simulação com sistema orientado para o sul.

Novamente em '*System Design*' e muda-se o valor de azimute de 180° para 0°, ou seja, orientado para o norte e depois clique em '*Simulate*'.

Percebe-se uma diferença no gráfico na Figura 10, principalmente nos meses de inverno e agora a produção de energia anual é de 3166 kWh.



Figura 10 – Gráfico da simulação com sistema orientado para o norte.

Há uma grande diferença na geração nas duas simulações, por isso, esse é um ponto essencial do dimensionamento.

Na etapa da simulação há diversos parâmetros que o software fornece. O primeiro gráfico contém os dados acerca da energia gerada em cada mês. É possível colocar esses dados em uma tabela no software Excel. Para isso basta clicar no botão direito do mouse sobre o gráfico e selecionar 'Send data to Excel' (Figura 11).



Figura 11 – Dados da simulação.

Em 'Data tables' na Figura 12 há diversos parâmetros que podem ser analisados. São fornecidos valores simples, mensais e horários. Também é possível observar dados de perdas, gráficos de diversos parâmetros, entre outros.

* SAM 2020.2.29: C:	:\Users\neves\One	Drive\Área de Trabalho\2020\PROJETO F	V\tutorial SAM	.sam							-	٥	×
File 🗸 🕂 Ad	dd untitle	d 🗸											Help
Photovoltaic, N	No financial	Summary Data table	s Losse	s Graphs	Time series	Profiles	Statistics	Heat map	PDF / CDF	Notices			
Eocution and h	10500100	Copy to clipboard Save as C	SV Sen	d to Excel Cle	ar all								
Module		Q ene	Single Value	s × Monthly Dat	a 🗙 Hourly Data 🗙								
Inverter		Single Values     Annual AC energy gross (kWh/yr)	P	V array DC energy (kWh/mo)									
System Design		Annual DC energy (kWh/yr) Annual DC energy gross (kWh/yr)	Jan Feb	403.401 344.824									
Shading and La	ayout	Annual DC energy nominal (kWh/y Annual Energy AC (year 1) (kWh)	Mar	393.868									
Losses		Annual Energy AC pre-curtailment     Annual Energy loss from curtailment	May	299.714									
Grid Limits		Annual Energy loss from curtailmer  Energy vield (kWb/kW)	Jul	252.255									
		Subarray 1 Gross DC energy (kWh)	Aug Sep	312.14 306.719									
		PV array DC energy (kWh/mo)	Oct	357.956									
		System AC energy (kWh/mo) Hourly Data	Dec	387.847									
		System power generated (kW)											
Simulate	> 🔝												
Parametrics	Stochastic												
P50 / P90	Macros	< >											

Figura 12 – Dados da simulação fornecidos pelo software.

## SOMBREAMENTO

É possível fazer uma simulação no SAM com sombreamento para entender melhor como isso afeta o sistema. Depois de inserir os parâmetros de módulos e inversor, pode-se fazer a análise sobre sombreamento. Como apresentado na Figura 13 em '*Shading and Layout*' clique em '*Open 3D shade calculator*'.

SAM 2020.2.29: C:\Users\neves\On	eDrive\Área de Trabalho\2020\PROJETO FV\tutorial SAM.sam	1				- 0 >
File 🗸 🕂 Add untitle	d 🗸					🗖 He
Photovoltaic, No financial						
Location and Resource	External Shading					
Module	External shading is shading of beam and diffuse inciden soiling losses on the Losses page.	t irradiance by nearby obj	ects such as trees and bu	ildings. Shading losses app	ly in addition to any	
Inverter	-3D Shade Calculator	-Shade Loss Tables				
System Design	Automatically generate shade data from a drawing of the array and shading objects.	Edit and import shade d software and devices, or	ata. Data may be entered generated by the 3D sha	by hand, imported from sl de calculator.	nade analysis	
Shading and Layout	Open 3D shade calculator	Subarray 1	Subarray 2	Subarray 3	Subarray 4	
Losses		Edit shading	Edit shading	Edit shading	Edit shading	
Gria Limits	Self shading is shading of modules in the array by mod	lules in a neighboring row	None	None	None	
	Array Dimensions for Self Shading, Snow Losses, and I The product of number of modules along side and botto	Bifacial Modules	hould be equal to the nu	mber of modules in subarr	ay.	
	Module orienta	ition Portrait	Portrait	Portrait	Portrait	
	Number of modules along bottom of	frow 2	2	2	2	
	-Calculated System Lavout					
	Number of	0.571430	0	0	0	
	Modules in subarray from System Design	page 8	0	0	0	
	Length of sid	le (m) 3,59539	3.59539	3.59539	3.59539	
Simulate >	GCR from System Design	page 0.3	0.3	0.3	0.3	
Decomposition Characteria	Row spacing estimat	te (m) 11.9846	11.9846	11.9846	11.9846	
Parametrics Stochastic P50 / P90 Macros						

Figura 13 – Início da simulação de sombreamento.



Irá abrir uma nova página (Figura 14) e é nessa aba que se faz a simulação da residência, local dos módulos e o local do sombreamento devido a uma residência próxima.

Figura 14 – Tela inicial para fazer simulação de sombreamento.

Em '*Create*' (Figura 15) tem-se as opções de formas para colocar na simulação, sendo que '*Active surface*' são os módulos.





Primeiro clique em *'Box'* para ser a residência apresentada na Figura 16. Deixe a mesma como referência localizada no eixo do gráfico, coloque 12 m para largura, 10 m para o comprimento e 3 m para a altura. Também é possível modificar a cor do seu objeto e quando é selecionado ele fica com a cor rosa. Após isso, inclui-se o telhado em *'Roof'* (Figura 17), para que ele fique na posição desejada coloque 0 em X, 12 em Y e 3 em Z. Insira 14 m para largura, 12 m para o comprimento e 2 m para a altura, também é necessário fazer com que ele gire, então em *'Rotation'* digite 270.



Figura 16 – Criação da residência.



Figura 17 – Criação do telhado para a residência.

Por fim, é necessário inserir os módulos como ilustrado na Figura 18, o software compreende que cada superfície é em sua totalidade uma string. Em X coloque 8, 12 em Y e 3 em Z, insira 5 m para largura e 3 m para o comprimento.



Figura 18 – Inserção dos módulos fotovoltaicos no telhado.

Para realizar a simulação considerando que não há sombreamento sobre o sistema clique em 'Analyze' e depois em 'Diurnal analysis'.

Os dados que aparecem na Figura 19 como 0 significa que não há nenhuma perda por sombreamento enquanto os que aparecem como 100 significa que está totalmente sombreado. Como pode-se notar não há nenhuma perda por sombreamento, sendo que os dados que aparecem como 100 são apenas os períodos noturnos.

Diurnal analy	0.0	ate 🔪	e 3	D sce	ene	Bird	's eye	e El	evati	ons /	Analyz	e So	ripting	li	mpor	t B	kport								He	lp	Save and	los
Press and an end of the second second	ysis	Tim	e serie	s analy	sis	Diffu	se ana	lysis																				
barray 1, Str	ring 1												Shad	e Los	s (%):	0=no s	hade,	100=fu	Illy sha	ded					0	A A	op <mark>ly to select</mark>	ed ce
12am 1	1am	2am	3am	4am	5am	бат	7am	8am	9am	10am	11am	12pm	1pm 2	pm	3pm	4pm	5pm	6pm	7pm	8pm	9pm	10pm	11pm					
100 1			100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0 0	1	0	0	0	0	100		100	100	100					
6 100 1			100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0 0	-	0	0	0	0	100	100	100	100	100					
ar 100 1			100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0 0	(	0	0	0	100	100		100	100	100					
or 100 1			100	100		100	0	0	0	0	0	0	0 0	_	0	0	0	100	100		100	100	100					
ay 100 1			100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0 0	(	0	0	0	100	100		100	100	103					
n 100 1			100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0 0		0	0	100	100	100		100	100	100					
1 100 1			100.	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0 0		0	0	0	100	100		100	100	TOU.					
ig 100 1			100	100	100	100	0	0	0	0	U	U	0 0		0	0	0	100	100	100	100	100	100					
.p 100 1			100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0 0		0	0	0	100	100	100	100	100	100					
A 100 1			100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0 0		0	0	0	100	100		100	100	100					
			100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0 0		0	0	0	100	100		100	100	100					
e 100 1	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0 0	_	0	0	0	100	100	300	100	100	100					
						_																						
Import		Expo	rt		Сору		3	Paste																				

Figura 19 – Simulação sem sombreamento sobre o sistema.

Para fazer a simulação considerando um edifício próximo a residência clique em '3D scene' e siga os mesmos passos para criar a residência, porém inserindo dimensões diferentes. Em X insira 13, para a largura coloque 16 m, 15 m para o comprimento e 20 m para a altura (Figura 20).



Figura 20 – Inserindo um edifício próximo ao sistema.

Seguindo os mesmos passos para obter a análise de sombreamento obtemos os dados visto na Figura 21.



Figura 21 – Simulação com sombreamento sobre o sistema.

Percebe-se que período da manhã é bastante prejudicado com a presença do edifício e em alguns meses dura até por volta das 10 horas. Assim, percebe-se a importância de um dimensionamento correto e uma boa análise das diversas possibilidades de sombreamento.

Com isso finaliza-se esse pequeno tutorial sobre o software SAM, no qual conseguimos aprender um pouco sobre as ferramentas mais utilizadas. Espero que esse conteúdo tenha sido útil para você. No surgimento de eventuais dúvidas entre em contato por e-mail.

Agradeço ao professor Giuliano Arns Rampinelli, pela oportunidade de participar do seu projeto e poder construir esse material, agradeço à UFSC e ao CNPQ.

Bruna Neves Prudencio Graduanda em Engenharia de Energia nevesbrunap@gmail.com

# REFERÊNCIAS

NREL – PV VIDEOS. Disponível em: <https://sam.nrel.gov/photovoltaic/pv-videos.html>. Acesso em: 24 jul. 2020.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: INPE, 2017. 88 p. ISBN 978-85-17-00090-4. IBI: <8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE>. Disponível em: <http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE>. Acesso em: 23 jul. 2020.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (Orgs). **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica - CRESESB. 2014. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\_de\_Engenharia\_FV \_2014.pdf. Acesso em: 22 jul. 2020.

ROVERSI, Karoline; RAMPINELLI, Giuliano Arns. **Análise da variabilidade espacial da radiação solar no sul de Santa Catarina**. SICT-SUL - SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO SUL CATARINENSE. Disponível em:

<http://eventoscientificos.ifsc.edu.br/index.php/sictsul/7-sict-sul/paper/view/2376> Acesso em: 23 jul. 2020.

ZILLES, R.; MACÊDO, W. N.; GALHARDO, M. A. B.; OLIVEIRA, S. H. F., 2012. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica. Oficina de Textos. São Paulo.