



UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA
DISCIPLINA: ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS

PROJETO ESCOLA MUNICIPAL HELENA ANTIPOFF

Redução consumo energia elétrica.

Alunos:

- Fabricio De Souza Moraes (214043139)
- Gabriel Do Nascimento Caldas (314043052)
- Isabella Duarte Rangel De Oliveira (214043085)
- Jonathan Viana De Magalhaes (215056132)

Professor Orientador:

- Marcos Alexandre Teixeira

Introdução

O conforto térmico pode ser definido como uma condição mental que expressa a satisfação dos indivíduos com o ambiente térmico. O desconforto térmico, de modo geral, é uma das maiores reclamações dentre os fatores que compõem o conforto ambiental.

Segundo Kowaltowski (2001) as abordagens voltadas para o ensino-aprendizagem nas escolas da rede pública, onde as reações fisiológicas desses alunos são afetadas, vindo a prejudicar a qualidade do ensino quando expostos aos ambientes não adequados ao clima local com elevadas temperaturas.

Por isso, o projeto na Escola Municipal Helena Antipoff proponha uma redução da carga térmica para proporcionar um melhor conforto térmico. Para que isso seja possível, foram pensadas duas alternativas energéticas para melhorar a situação atual da escola, são elas: utilização de pergolado para diminuição da carga térmica e melhoria na luminosidade, e sistema de captação de água de chuva para irrigação de telhado.

Objetivo:

Esse projeto tem como objetivo calcular o ganho de BTU/h devido à utilização do pergolado para redução da insolação nas janelas voltadas para área externa de 4 salas da Escola, além de propor uma alternativas para aumentar o conforto térmico na área externa com a utilização do sistema de irrigação de telhado. Foi feito o estudo de viabilização dos projetos para se chegar a uma conclusão.

Utilização de pergolado para diminuição da carga térmica

O brise (ou pergolado) é uma estrutura utilizada para impedir a incidência direta de radiação solar no interior de edificações, de forma a evitar um aumento da sensação térmica, e permitir o aproveitamento da iluminação natural no local. Essa estrutura pode ser posicionada tanto na vertical quanto na horizontal, e essa decisão cabe ao projetista.

No seguinte projeto, como o brise será instalado do lado de fora das janelas das salas de aula, a equipe optou pelo modelo horizontal, já que esteticamente seria uma melhor opção, visto que a estrutura vertical se assemelha à grades.

Cálculos para Cargas Térmicas

Radiação solar através de janelas:

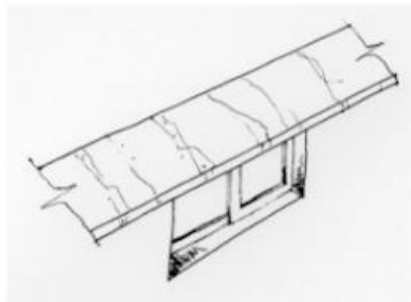
Cálculo de ganho solar através de janelas da Escola Municipal Helena Antipoff, com as seguintes características:

Local – Niteroi – Latitude 22° S – Mês de julho

Área de vidro comum (6 m²)
Fachada Norte (N) – 12h
Alternativa 1 – Pergolado horizontal de alumínio.

Incidência térmica: utilizando a tabela de cálculo de carga térmica de ar condicionado e levando em consideração que o segundo andar se enquadra na categoria A e o terceiro andar na categoria C chegamos ao valor de 186,53BTU/hft quando não utilizamos o pergolato e quando instalado o pergolado chegamos ao valor de carga térmica de

3.5.2 Brise horizontal infinito



Os brises horizontais impedem a entrada dos raios solares através da abertura a partir do ângulo de altitude solar. O traçado do mascaramento proporcionado por este brise é determinado em função do ângulo α e é apresentado na Figura 63.

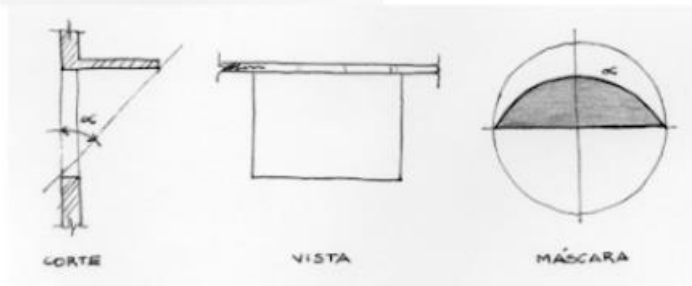


Figura 63. Mascaramento proporcionado pelo brise horizontal infinito.

Pode-se perceber que há incidência do sol no interior do ambiente apenas quando o seu ângulo de altitude estiver entre a linha do horizonte e o ângulo α .

Custo da Energia elétrica

PIS - > 1,65%

COFINS - > 7,6%

CPMF - Os clientes residenciais que consomem até 300 kWh pagam 18% de ICMS, aqueles que têm consumo entre 301kWh e 450kwh pagam 31% e aqueles que têm o consumo superior a 450kwh pagam 30%.

Tarifas Enel		Reajuste Tarifário Reh.2.523/2019		enel	
FORNECIMENTO EM BAIXA TENSÃO		VIGÊNCIA		01/07/2019	
		Bandeira Ativa		R\$/kWh	
RESIDENCIAL BAIXA RENDA - B1		VERDE	AMARELA	VERMELHA P1	
0 A 30 kWh		0,21132	0,21657	0,22532	
31 a 100 kWh		0,36228	0,37128	0,38628	
101 a 220 kWh		0,54342	0,55692	0,57942	
ACIMA 220 kWh		0,60380	0,61880	0,64380	
B1 - RESIDENCIAL NORMAL		0,66822	0,68322	0,70822	
SUB-GRUPO - OUTROS		R\$/kWh			
B2 - R U R A L		0,50784	0,52284	0,54784	
B2 - RURAL IRRIGANTE - 60% desc.		0,20314	0,20914	0,21914	
B2 - RURAL COOP. ELETTRIF. RURAL		0,48112	0,49612	0,52112	
B3 - DEMAIS CLASSES (Com, Ind e Poder Público)		0,66822	0,68322	0,70822	
B4a - ILUMINACAO PUBLICA		0,36752	0,38252	0,40752	
B4b - ILUMINACAO PUBLICA		0,40093	0,41593	0,44093	

Res. Homol. ANEEL 2.523, de 26/03/2019 - vigência 01/04/2019
Res. Homol. ANEEL 2.519, de 14/03/2019 - vigência 15/03/2019
Res. Homol. ANEEL 2.377, de 14/03/2018 - vigência 15/03/2018
Res. Homol. ANEEL 2207, de 14/03/2017 - vigência 15/03/2017
Res. Homol. ANEEL 2214, de 28/03/2017 - vigência 01/05/2017

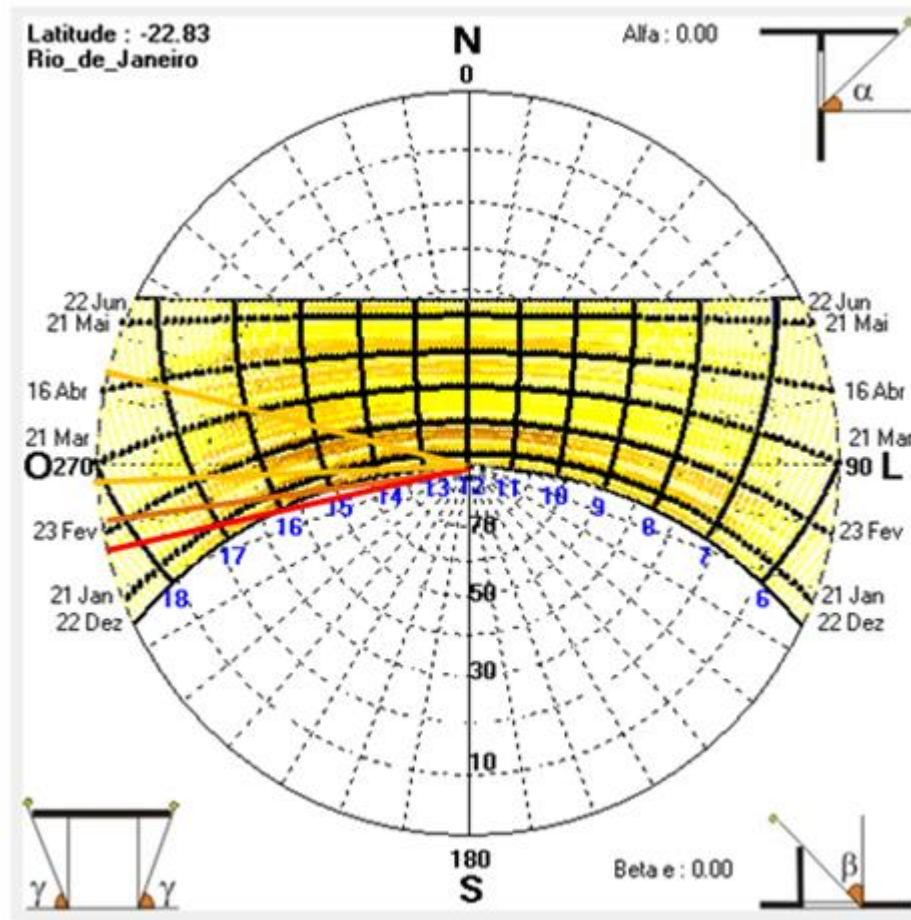
Tarifa Branca Enel		Reajuste Tarifário Reh.2.523/2019		enel	
FORNECIMENTO EM BAIXA TENSÃO		VIGÊNCIA		01/07/2019	
		Bandeira Ativa		R\$/kWh	
RESIDENCIAL TARIFA BRANCA - B1		VERDE	AMARELA	VERMELHA P1	
PONTA		1,24604	1,26104	1,28604	
INTERMEDIÁRIA		0,81014	0,82514	0,85014	
FORA PONTA		0,53901	0,55401	0,57901	
DEMAIS CLASSES TARIFA BRANCA - B3		VERDE	AMARELA	VERMELHA P1	
PONTA		1,33390	1,34890	1,37390	
INTERMEDIÁRIA		0,86286	0,87786	0,90286	
FORA PONTA		0,55658	0,57158	0,59658	
RURAL TARIFA BRANCA - B2		VERDE	AMARELA	VERMELHA P1	
PONTA		0,92790	0,94290	0,96790	
INTERMEDIÁRIA		0,60426	0,61926	0,63426	
FORA PONTA		0,40583	0,42083	0,43583	
SERV. PÚBLICO \ AES TARIFA BRANCA - B3		VERDE	AMARELA	VERMELHA P1	
PONTA		1,17383	1,18883	1,21383	
INTERMEDIÁRIA		0,75932	0,77432	0,79932	
FORA PONTA		0,48979	0,50479	0,52979	

		Valor (R\$/100 kWh)	
COR DA BANDEIRA		Vigente até maio/19	Vigente a partir de junho/19
Verde		0	0
Amarela		1	1,5
Vermelha 1		3	4
Vermelha 2		5	6

SERV. PÚBLICO \ AES TARIFA BRANCA - B3	VERDE	AMARELA	VERMELHA P1
PONTA	1,17383	1,18883	1,21383
INTERMEDIÁRIA	0,75932	0,77432	0,79932
FORA PONTA	0,48979	0,50479	0,52979

		Valor (R\$/100 kWh)	
COR DA BANDEIRA		Vigente até maio/19	Vigente a partir de junho/19
Verde		0	0
Amarela		1	1,5
Vermelha 1		3	4
Vermelha 2		5	6

Para realizar os calculos da incidencia solar, foi utilizada a carta solar do programa Sol Air. O programa citado anteriormente não realiza o calculo de alguns parametros, tais como alfa e beta. Graças a isso, os pontos foram colocados de forma visual.



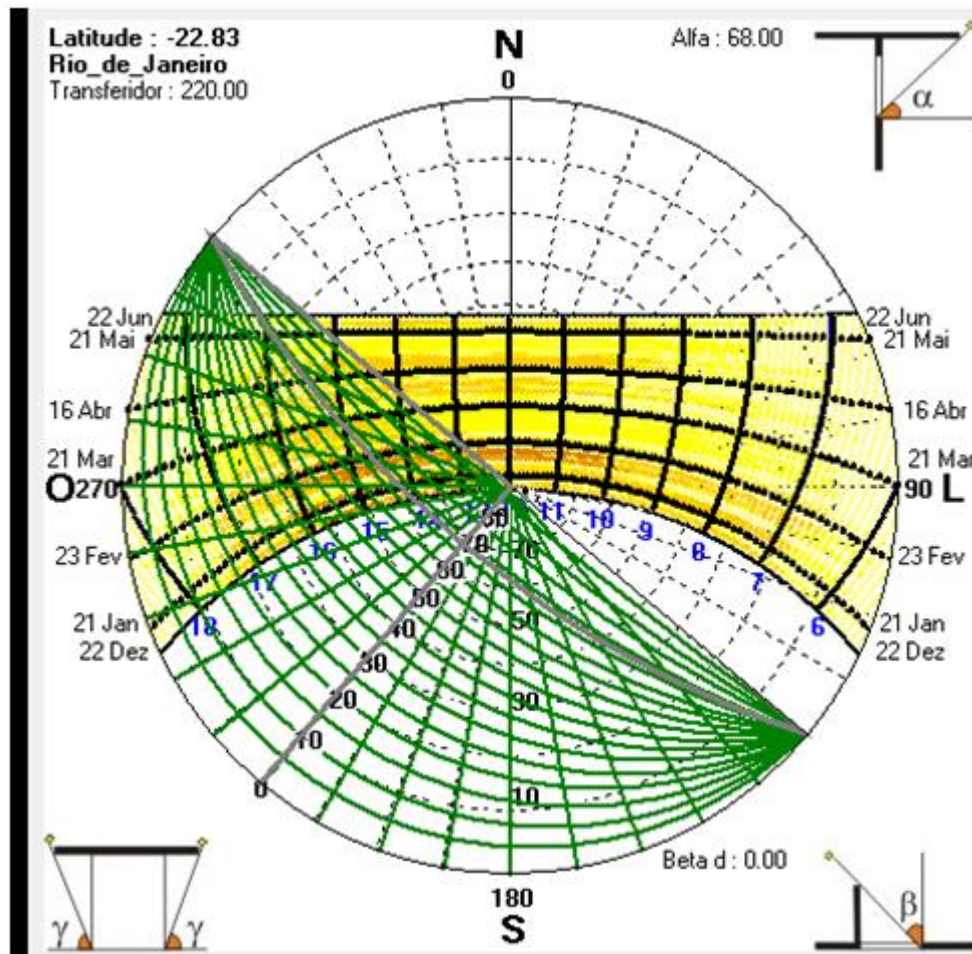
Ângulos β Ângulos γ

$$\beta_{13} = 284^\circ \quad \gamma_{13} = 90 - 77^\circ = 13^\circ$$

$$\beta_{15} = 268^\circ \quad \gamma_{15} = 90 - 50^\circ = 40^\circ$$

$$\beta_{16} = 261^\circ \quad \gamma_{16} = 90 - 30^\circ = 60^\circ$$

$$\beta_{17} = 253^\circ \quad \gamma_{17} = 90 - 22^\circ = 68^\circ$$



O Ângulo Alfa dá o ângulo para cobertura de 100% da janela nas seguintes horas

Onde 0,5 m é o “parapeito” existente e 1,2 e a altura “h” da janela.

$$\alpha_{13}=80^{\circ}$$

$$\alpha_{15}=55^{\circ}$$

$$\alpha_{16}=42^{\circ}$$

$$\alpha_{17}=25^{\circ}$$

LHR -> L (largura necessário para 100% de cobertura) HR (hora da incidência solar) calculado pelo ângulo α

$$13 \text{ horas} \Rightarrow \operatorname{tg}(90^{\circ} - 80^{\circ}) = (L_{13} - 0,5)/1,2 \Rightarrow L_{13} = - 0,29 \text{ m}$$

$$15 \text{ horas} \Rightarrow \operatorname{tg}(90^{\circ} - 55^{\circ}) = (L_{15} - 0,5)/1,2 \Rightarrow L_{15} = 0,34 \text{ m}$$

$$16 \text{ horas} \Rightarrow \operatorname{tg}(90^\circ - 42^\circ) = (L16 - 0,5)/1,2 \Rightarrow L16 = 0,84 \text{ m}$$

$$17 \text{ horas} \Rightarrow \operatorname{tg}(90^\circ - 25^\circ) = (L17 - 0,5)/1,2 \Rightarrow L17 = 2,08 \text{ m}$$

Com base nos cálculos acima vamos usar um pergolado de 16 horas, com comprimento de 0,84m. Com base nisso chegamos no valor por andar de 12,96m² de pergolado.

Foram realizados 3 contatos com empresas que realizam os serviços de projeto, construção, instalação e manutenção de brises, pergolatos e venezianas, sendo estas, as empresas Lumibrise Brises Metálicos, Fator Soluções Arquitetônicas e Felk Engenharia de Alpinismo Industrial. Somente a empresa Felk Engenharia de Alpinismo Industrial respondeu a cotação, porém de forma informal, que nos apresentou um custo de instalação de R\$ 32.000 muito acima dos R\$ 7.000 dos brises verticais propostos anteriormente. As vantagens da utilização dos pergolados é que não represa o ar quente e o deixa fluir as camadas superiores trocando por condução o ar mais quente pelo menos quente e não compromete a visualização da área externa contribuindo para um maior conforto visual.

Após as análises de VPL, foi notado que o investimento em Pergolados seria um investimento de maior custo do que os Brises Verticais, também teria um retorno mais longo (pouco menos de 10 anos) e também um retorno maior no horizonte de 20 anos (R\$82.008,20).

Os cálculos também foram revistos depois dos reajustes da tarifa de energia elétrica que era de R\$ 1,46/ Kwh e nesse estudo incluindo a carga tributária sai a R\$ 1,17.

Utilização de irrigação de telhados para aumento de conforto térmico

A aspersão de água sobre coberturas tem sido utilizada como uma forma eficiente de se obter a redução do impacto do estresse térmico no interior das instalações. Esta técnica implica em baixos custos no desenvolvimento e adaptação de projetos de climatização já implementados.

Um fator que se destaca no processo de aspersão de água de chuva sobre telhados é a questão ambiental e de sustentabilidade, já que é uma tecnologia que permite a conservação e reaproveitamento da água durante os períodos de acionamento do sistema.

Graças a isso, no seguinte projeto, será utilizado, como uma alternativa energética, um sistema de captação de água pluvial no telhado superior da escola. Com a água armazenada será possível fazer a aspersão diretamente sobre o telhado inferior, nas horas mais quentes do dia, para reduzir sua temperatura, tanto por condução quanto por evaporação, melhorando a

eficiência de resfriamento interno da quadra esportiva e proporcionando maior conforto térmico às crianças.

Dimensionamento de reservatórios

Utilizamos o método de Azevedo Neto para obtenção do volume do reservatório em litros, para a aplicação desse método utilizamos os dados abaixo:

$$V_{an} = 0,0042 \times P_a \times A \times T$$

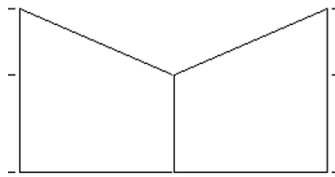
$$V_{an} = 1672 \text{ L}$$

$$\text{Área de captação (m}^2\text{)} = 110,2 \text{ m}^2$$

P_a = Precipitação pluviométrica anual média

T = Número de meses de pouca chuva ou seca

Os valores de precipitação pluviométrica média anual foram coletados do site Climate data, onde o valor referente ao município de Niterói é 1204 mm.



Acima temos a imagem do telhado superior, que iremos usar como local para captação da água da chuva.

Os dados do período de chuva mensal por meses do ano foi retirado da imagem abaixo e partir dela pode-se notar que o período de junho a Agosto é o período com um menor quantidade de chuva.

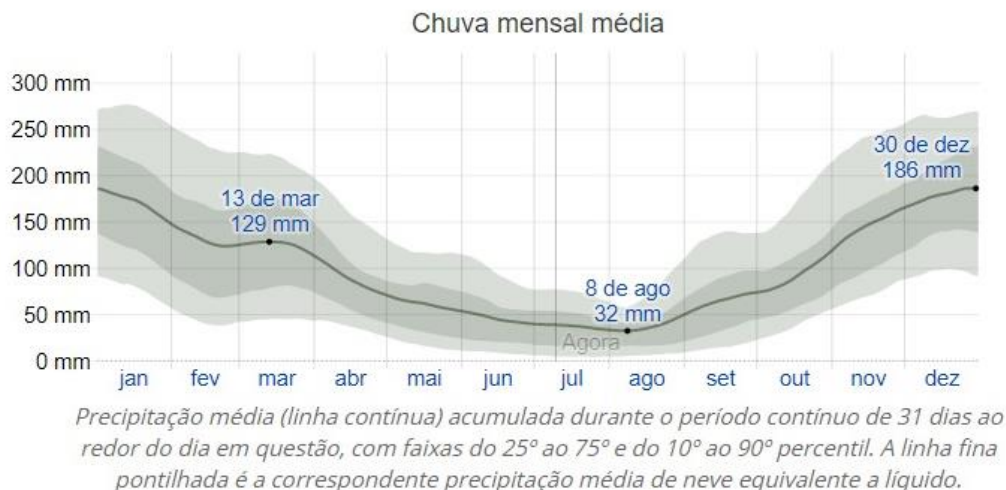
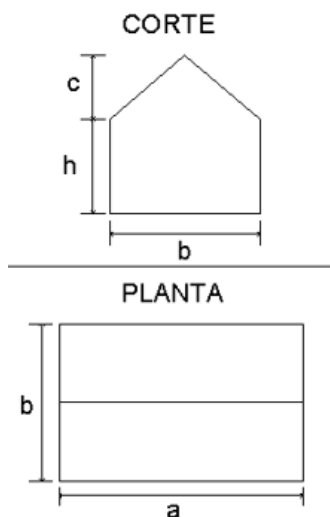


Figura (fonte: <https://pt.weatherspark.com/y/30571/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Niter%C3%B3i-Brasil-durante-o-ano>)

Após o dimensionamento do reservatório foi visto a necessidade da utilização de uma bomba para compor o sistema, dado que a água deveria sair do reservatório e abastecer o sistema de irrigação.

Nesse caso sistema era composto de uma motobomba (potência de 1,5 CV e 81,5% de rendimento). Com base nessas características sugiro o seguinte equipamento: Bomba Dancor CAM-W10 1,5CV - 220/380V Trifásica. Utilizaremos uma tubulação de PVC para fazer as ligações necessárias.

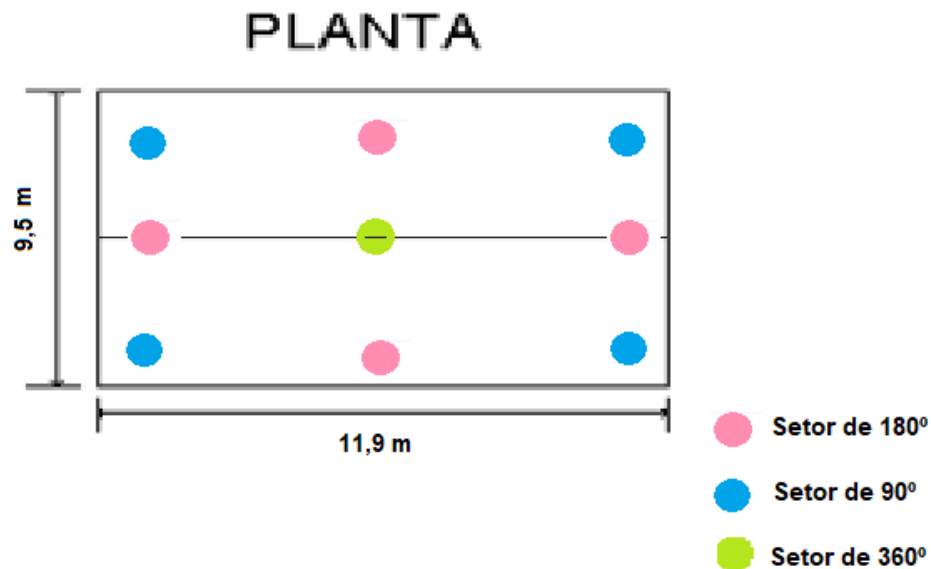
A partir do cálculo do reservatório temos que calcular os aspersores e as tubulações para irrigarmos o telhado abaixo.



Dimensionamento de aspersores

Para o seguinte projeto serão utilizados 9 aspersores Pró-Spray 00, do tipo fixo, com bicos ajustáveis de número 10A da Fabricante Hunter. De acordo com o catálogo da fabricante, esse modelo de bico possui um raio de alcance de pulverização de 3m, com vazão de 58 mm/h.

Os equipamentos serão enfileirados de 3 em 3, onde haverá uma fileira em cada extremidade e uma no centro. Nas extremidades da área que será irrigada serão colocados aspersores com alcance de setor de 90°, no centro, o alcance de setor será de 360°, e os demais de alcance de setor de 180°. Segue abaixo esquema dos aspersores.



A tubulação utilizada para realizar a ligação dos aspersores será em PVC com diâmetro de $\frac{3}{4}$ ".

Telha de alumínio sem inserção de água

A tabela D1 apresenta os dados construtivos referentes à telha de alumínio e suas propriedades térmicas segundo a NBR 15220.

Tabela D1 – Dados da telha de alumínio

Comprimento do telhado (m)	11,9
Condutividade térmica (W/m. K)	237
Espessura da telha (m)	0,0005

Fonte: NBR 15220-2 (2005, p.9)

- Resistência térmica (R_t)

$$R_t = \frac{e}{h} = \frac{0,0005}{237} = 2,109 \times 10^{-6} \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

- Resistência térmica total (R_T)

$$R_T = R_{Si} + R_t + R_{Se} = 0,17 + 2 \times 10^{-6} + 0,04 = 0,21 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

- Transmitância térmica (U)

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,21 \frac{m^2 \cdot K}{W}} = 4,76 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Telha de alumínio com inserção de água

A tabela D2 apresenta os dados construtivos referentes à telha de alumínio e suas propriedades térmicas segundo a NBR 15220.

Tabela D2 – Dados da telha de alumínio

Comprimento do telhado (m)	11,9
Resistência térmica da água ($m^2 \cdot K/W$)	0,05
Condutividade térmica ($W/m \cdot K$)	237
Espessura da telha (m)	0,0005

Fonte: NBR 15220-2 (2005, p.9)

- Resistência térmica (R_t)

$$R_t = \frac{e}{h} = \frac{0,0005}{237} = 2,109 \times 10^{-6} \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

- Resistência térmica total (R_T)

$$R_T = R_{Si} + R_t + R_{Se} + R_{\text{água}} = 0,17 + 2,109 \cdot 10^{-6} + 0,04 + 0,05 = 0,26 \quad \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

- Transmitância térmica (U)

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,26 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}} = 3,84 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Com os dados acima pode se afirmar que a transmitância térmica (U) é inferior quando é observado a telha de alumínio com inserção de água. Ou seja, o calor que atravessa a estrutura diminui causando assim um maior conforto térmico.

Foi feito o cálculo acima, porém para que se tome uma decisão e saiba em quanto tempo o projeto será pago, seria preciso um estudo maior, tendo em vista que todos os projetos encontrados com assuntos relacionados e após consulta de professores vimos que para chegarmos a um valor de diminuição térmica e cashback, teria que se feito uma análise temporal maior e ter mais dados. Porém não se teve tempo hábil para tal execução

Bibliografia

<http://nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/718/949>

https://www.enel.com.br/pt-ceara/Tarifas_Enel.html

<https://pt.slideshare.net/mackenzista2/apostila-brises>

<http://www.labeee.ufsc.br/servicos>

<http://www.ecoeficientes.com.br/carta-solar-saiba-como-encontrar-o-angulo-de-incidencia-solar-em-sua-regiao/>

<https://drive.google.com/file/d/0B1wonbRQVwwgX1F3YWp1bUlCSkk/view>

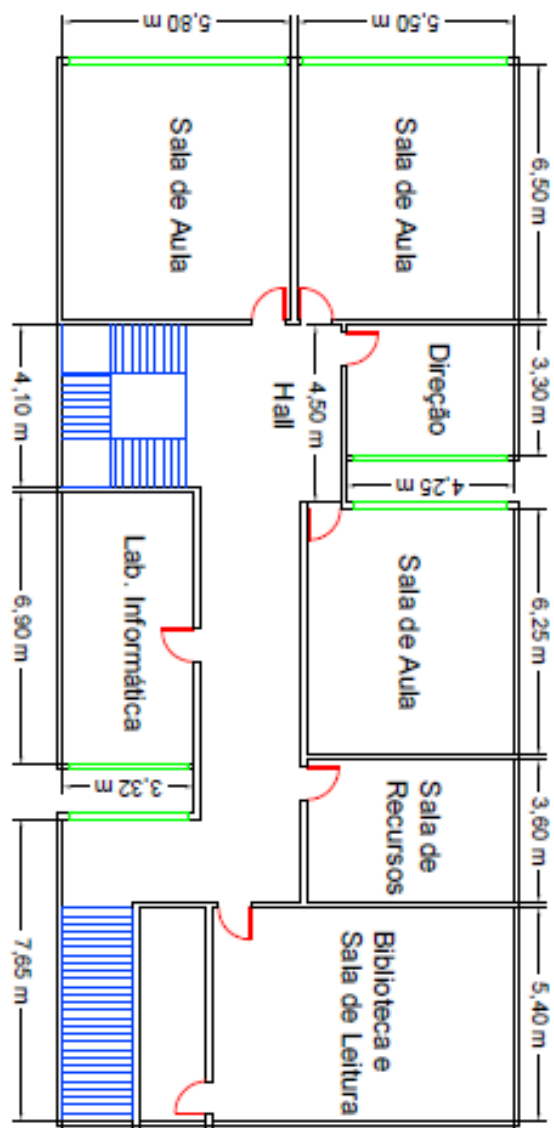
<http://dspace.unipampa.edu.br:8080/jspui/bitstream/riu/1982/1/Tecnologias%20de%20a%20refecimento%20t%C3%A9rmico%20em%20telhados%20para%20condicionamento%20ambiental.pdf>

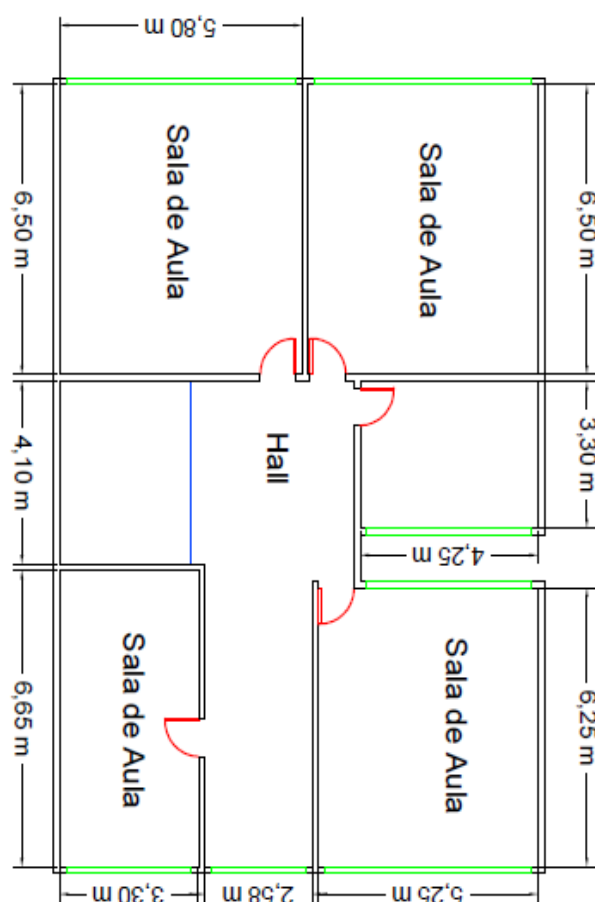
https://www.centralar.com.br/calculo-ar-condicionado?gclid=EAlaIQobChMI2q3O94qN4wIVxoGRCh0RGQmhEAAYASAAEgM5fD_BwE

<https://calculareconverter.com.br/btu-para-watts/>

Anexos

Planta Baixa 2º e 3º Piso.





Material	Condutividade térmica (a 27°C)
	$\kappa = \left[\frac{J/s}{m.K} \right] = \left[\frac{W}{m.K} \right]$
Prata	426
Cobre	398
Alumínio	237
Tungstênio	178
Ferro	80,3
Vidro	0,72 - 0,86
Água	0,61
Tijolo	0,4 - 0,8
Madeira (pinho)	0,11 - 0,14
Fibra de vidro	0,046
Espuma de poliestireno	0,033
Ar	0,026
Espuma de poliuretano	0,020
Polipropileno	0,25
Epoxi	0,30
Epoxi (não cargueada)	0,12 - 0,177