

Equipa de projecto

Projeto

MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO TEATRO NACIONAL DE SÃO JOÃO | LOTE 3

Ref. 2023P293

TEATRO NACIONAL SÃO JOÃO

PORTO

PROGRAMA TÉRMICO

MEMÓRIA DESCRIPTIVA

*Indicadores energéticos das alterações da candidatura para
reprogramação*

Junho 2024

Doc ref^a

Índice

1.	Introdução.....	3
2.	Elementos de referência	4
3.	Identificação das medidas de melhoria existentes na Auditoria Base	5
3.1.	Medidas de melhoria que sofreram alteração	6
3.1.1.	Tipologia 1.1 – Envidraçados e portas	6
3.1.2.	Tipologia 1.3 – Isolamento na cobertura	7
3.1.3.	Tipologia 2.5 – Iluminação LED	8
3.1.4.	Tipologia 2.7 – Gestão Técnica Centralizada.....	11
3.1.5.	Tipologia 3.1 – Instalação de um sistema de painéis fotovoltaicos.....	11
3.2.	Novas propostas de racionalização de energia	14
3.2.1.	Substituição dos equipamentos de produção de AQS.....	14
3.2.2.	Substituição do Chile.....	15
3.2.3.	Alteração da GTC – avaliação energética após implementação de medidas de redução de consumos	16
4.	Balanço de todas as medidas propostas	17
5.	Indicadores energéticos resultantes da implementação das medidas de melhoria ...	18
	Anexo I – Substituição de vãos envidraçados	19
	Anexo II – Substituição da iluminação cénica.....	24
	Anexo III – Instalação de painéis fotovoltaicos.....	27

1. Introdução

O presente relatório foi realizado com vista a suportar tecnicamente a reprogramação da candidatura do edifício Teatro Nacional de São João, no Porto (TNSJ). A análise efectuada teve como base a auditoria base da candidatura utilizada para a candidatura ao programa de financiamento Programa de Eficiência Energética em Edifícios da Administração Pública Central, constante do Aviso: N.º 01/C13-i02/2021 do PRR, e os projectos de especialidades actualizados resultantes da reprogramação da candidatura. O presente documento tem como objectivo avaliar as soluções propostas inicialmente, e outras, de modo a avaliar o novo impacto na eficiência e na exploração do edifício.

A importância da análise energética assenta sobretudo na economia de energia, numa óptica de Eficiência Energética e de Utilização Racional de Energia, que induza reduções, não só dos consumos energéticos e respectiva factura energética, mas também nas emissões dos gases de efeito de estufa – dióxido de carbono (CO_2).

A reprogramação foi efectuada de modo a representar o estado do consumo energético e o impacto da implementação das medidas de melhoria o mais próximo possível da realidade. De acordo com a informação fornecida pelo TNSJ, o consumo real do edifício no ano de 2019 foi de 440 772 kWh/ano. Este foi o valor do consumo de energia utilizado como base para a reprogramação da candidatura do edifício.

As novas medidas de melhoria permitem uma poupança energética que representa uma redução na exploração de 24 104€/ano, para um investimento aproximado de 1 254 604€, que representa um payback simples de 46,7 anos.

2. Elementos de referência

A análise presente no documento da reprogramação do edifício Teatro Nacional São João foi efectuada com base nos elementos que suportaram o cálculo do impacto na redução energética das medidas de melhoria. Nestas medidas de melhoria incluem as iniciais da candidatura, que foram modificadas, e novas medidas complementares. Os documentos base supracitados são os seguintes:

- Relatório de auditoria base da candidatura;
- Guião de diagnóstico;
- Certificado actual do edifício;
- Elementos de projectos de especialidades actualizados.

3. Identificação das medidas de melhoria existentes na Auditoria Base

Na sequência da Auditoria levada a cabo pela empresa auditoria ao TNSJ, as medidas de melhoria recomendadas nesse documento foram as seguintes:

- 1) Gestão Técnica Centralizada, com um valor de investimento previsto de 89 925 € e uma poupança estimada de 15 900,58 €/ano;
- 2) Substituição de iluminação cénica, com um valor de investimento previsto de 554 709 € e uma poupança estimada de 32 570,80 €/ano;
- 3) Instalação de telhas fotovoltaicas, com um valor de investimento previsto de 149 500,00 € e uma poupança estimada de 12 825,00 €/ano;
- 4) Substituição dos envidraçados e portas, com um valor de investimento previsto de 345 000 € e uma poupança estimada de 203,92 €/ano;
- 5) Aplicação de isolamento na cobertura, com um valor de investimento previsto de 53 000 € e uma poupança estimada de 517,56 €;

A Tabela 1 resume o impacto das medidas de melhoria e os custos de investimentos associados.

Tabela 1 - Resultados das medidas de melhoria da auditoria base submetida a candidatura

Tipologia	Medida	Redução de Energia Final [kWh/ano]	Redução de Energia Primária [kWh _{EP} /ano]	Investimento [€]	Poupança [Anual €/ano]
1.1	Envidraçados e portas	1 431	3 577	345 000	203,92
1.3	Isolamento na cobertura	3 632	9 080	53 000	517,56
2.5	Iluminação Cénica LED	228 567	571 417	554 709	32 570,80
2.7	Gestão Técnica Centralizada	111 583	278 957	89 925	15 900,58
3.1	Telhas fotovoltaicas	90 000	225 000	149 400	12 825
Total de redução		435 213	1 088 031	1 192 034	62 017,85

3.1. Medidas de melhoria que sofreram alteração

Inicialmente, face à análise dos resultados desta auditoria energética, conclui-se que as medidas de melhoria necessitaram de ser alvo de uma reprogramação. Assim, as medidas de melhoria a modificar são as seguintes:

- Tipologia 1.1: Envidraçados e portas
- Tipologia 1.3 Isolamento na cobertura
- Tipologia 2.5: Iluminação Cénica LED;
- Tipologia 2.7: Gestão técnica centralizada;
- Tipologia 3.1: Instalação de um sistema de painéis fotovoltaicos

3.1.1. Tipologia 1.1 – Envidraçados e portas

Substituição de vãos envidraçados existentes por outros mais eficientes de classe energética igual ou superior a "A". Substituição dos caixilhos da fachada sul por novos com vidro duplo, desenho e materialidade idêntica ao existente e dos caixilhos em ferro das fachadas sul, nascente e poente, por caixilhos novos em aço, com corte térmico e vidro duplo., tal como descrito na Figura 4 do Anexo II.

Os novos vãos envidraçados terão coeficiente de transmissão térmica U factor solar apresentados na tabela 2. A ficha técnica do vidro pode ser observada na Figura 5 em anexo. A área total de envidraçado a substituir é de 110,75m².

A medida de melhoria conduz à redução energética de 4 415kWh/ano, que corresponde a 1,0% de redução do consumo geral.

Tabela 2 - Coeficiente de transmissão térmica e factor solar dos novos envidraçados

Envidraçado	Coeficiente de Transmissão Térmica Global, U [W/m ² C]	Fator solar, g
1.1	2,67	0,38
1.6	2,67	0,38
2.1	2,01	0,38
2.7	2,01	0,38
2.8	2,01	0,38

Envidraçado	Coeficiente de	
	Transmissão Térmica	Fator solar, g
	Global, U [W/m ² C]	
2.9	2,01	0,38
2.10	2,01	0,38
2.11	2,33	0,38
2.12	2,33	0,38
2.13	2,33	0,38
2.14	2,01	0,38
2.A1	2,33	0,38
2.A2	2,33	0,38
6.1	1,57	0,38

Tabela 3 - Impacto da substituição dos envidraçados

Medida	Redução de Energia Final [kWh/ano]	Redução de Energia Primária [kWh _{EP} /ano]	Economia Energética Anual [€]	Redução Consumo [%]	Custo investimento [€]	Período de retorno simples [anos]
Envidraçados e portas	4 415,0	11 037,5	629,14	1,0	160 196	254,6

3.1.2. Tipologia 1.3 – Isolamento na cobertura

Instalação de isolamento térmico nas vertentes inclinadas da cobertura do palco. O isolamento térmico será do tipo XPS com 10 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,036 W/m.K. A área de cobertura inclinada sujeita a intervenção é de 354 m² tal como ilustrado na figura seguinte.

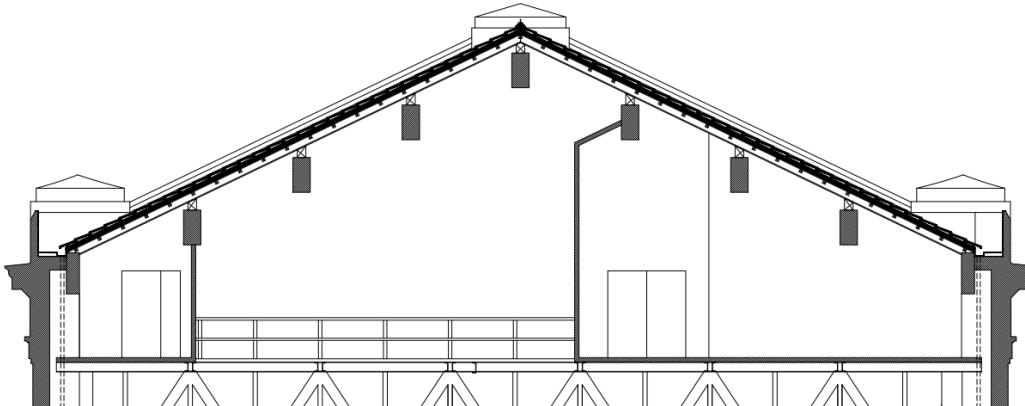


Figura 1 - Isolamento na cobertura inclinada

A medida de melhoria conduz à redução de energia final de 3 632 kWh/ano, que corresponde a 0,8% do consumo geral.

Tabela 4 - Impacto da instalação de isolamento na cobertura

Medida	Redução de Energia Final [kWh/ano]	Redução de Energia Primária [kWhEP/ano]	Economia Energética Anual [€]	Redução Consumo [%]	Custo investimento [€]	Período de retorno simples [anos]
Isolamento na cobertura	3 632	9 080	517,56	0,82	36 282,20	70,1

3.1.3. Tipologia 2.5 – Iluminação LED

A medida consiste na substituição das luminárias cénicas existentes por luminárias do tipo LED mais eficientes. A redução energética subjacente a esta medida de melhoria foi recalculada tendo em conta os perfis de consumo do teatro, obtidos a partir dos dados enviados pelo TNSJ. Através da análise do perfil de potência instantânea do TNSJ em dias de funcionamento normal com espectáculos, e comparando com a mesma análise efectuada para a soma dos equipamentos de AVAC para as diferentes estações do ano, chegou-se à conclusão que a potência efectiva do teatro em dias de espectáculos/ensaios é de 20kW. Isto é, a diferença entre os perfis de potência instantânea total e os perfis de potência dos equipamentos de AVAC de acordo com os horários estipulados na GTC, é de cerca de 20kW durante os dias de espectáculos. Em anexo segue a análise efectuada com base nos diferentes perfis de carga dos edifícios (ver Anexo I). Daí resulta o factor de carga de 7,38%. Ou seja,

sendo a potência de iluminação cénica cerca de 270,9 kW, apenas se traduz uma média de 20 kW de iluminação cénica no consumo associado a este equipamento.

As tabelas seguintes apresentam os projectores cénicos actuais do edifício e os propostos na medida de melhoria.

Tabela 5 - Quantidade de Luminárias Cénicas Existentes antes da MM

Tipo de luminária	Potência existente [W]	Quantidade
Robert Juliat 714sx zoom 15/40	1000	14
ETC S4 Junior zoom25/50	575	20
Vari-Lite 1000TS	1 000	10
Arri True Blue T5	5 000	5
ADB Pebble-Convex C103	1 000	50
Robert Juliat Pebble-Convex 329H	2 000	18
ETC Source-four Par	575	20
Par 64	1 000	60
Robert Juliat Aramis Followspot	2 500	2
Aurora CYC	1 000	12
HIGH END data flash AF1000	1 000	2
Hungaro Flash Quasar pro	1 500	1
Robert Juliat Fluo "solo"	60	40
Potência total [W]	270 900	

Tabela 6 - Lista de lâmpadas cénicas instaladas após MM

Tipo de luminárias	Quantidade	Potência Total [W]
Robert Juliat 714sx zoom 15/40	14	14000
Vari-Lite 1000TS	7	7000
Arri True Blue T5	5	25000
ADB Pebble-Convex C103	25	25000
Robert Juliat Pebble-Convex 329H	10	20000
Par 64	30	30000
Robert Juliat Aramis Followspot	2	5000
Aurora CYC	8	8000
Hungaro Flash Quasar pro	1	1500

Tipo de luminárias	Quantidade	Potência Total [W]
Robert Juliat Fluo "solo"	40	2400
ETC ColorSource Spot jr 25º/50º	30	4860
Robert Juliat recorte 654SX 16/35 4C 200W RGBL	20	4600
Robert Juliat PC 315 LPB 4C 200W RGBL com palas	20	4600
Robert Juliat módulo Sully 115W CW com display (614SX)	10	1300
Robert Juliat módulo Sully 200W 4 Colours com display (613SX)	15	3450
Lupo SUPERPANEL FULL COLOR 60	6	2400
RobeT1 Profile	2	1100
Robe LEDBeam 350	19	8550
Robe ParFect 150 FW RGBW 7x40W 3,8º/60º	25	5500
Robert Juliat 863 Dalis	4	600
Artistic Licence conversor de sinal rackLynx octo XLR 5P	4	1000
Valor total		175 860

A tabela seguinte apresenta a análise energética efectuada à utilização das luminárias cénicas médias durante um ano, tendo com base as luminárias existentes e os consumos reais. Admitindo o mesmo perfil de utilização é possível determinar o consumo energético da nova solução após MM (ver Tabela 8)

Tabela 7 – Resultados da implementação da MM4

Potência instalada [kW]	Potência efectiva [kW]	Factor de carga [%]	Potência efectiva pós MM [kW]
270,9	20	7,38	12,98

Tabela 8 - Balanço final resultante da substituição da iluminação cénica

Medida	Redução de Energia Final [kWh/ano]	Redução de Energia Final [kWh _{EP} /ano]	Economia Energética Anual [€]	Redução Consumo [%]	Custo investimento [€]	Período de retorno simples [anos]
Illuminação LED	12 701	31 753,63	1 809,96	2,9	331 138,00	173,7

A substituição das luminárias leva à redução energética de 12 071 kWh/ano que corresponde a cerca de 2,9% do consumo geral.

3.1.4. Tipologia 2.7 – Gestão Técnica Centralizada

A reprogramação do sistema de gestão técnica centralizada consiste na ampliação do sistema existente com vista à monitorização e controlo dos equipamentos para a melhor gestão dos equipamentos e consequentemente uma redução do consumo energético. Esta medida foi alterada, mas será explana nos capítulos seguintes após a introdução de todas as medidas que vão reduzir os consumos de energia, com excepção dos sistemas solares fotovoltaicos.

3.1.5. Tipologia 3.1 – Instalação de um sistema de painéis fotovoltaicos

Implementação de um sistema de painéis fotovoltaicos sobre a estrutura a ser construída por cima das máquinas existentes na cobertura horizontal (120 módulos AS-M3207U-S (G12)/ULTRA BLACK SHINGLED 435W) perfazendo sistema de painéis com uma potência nominal de 52,2kWp. As fichas técnicas dos painéis utilizados estão presentes no Anexo III.

Na Figura 2 estão representados os perfis de consumo reais para as três estações: Inverno, Verão e meia estação nos quais se baseou a simulação efectuada através do software SCE.ER, acreditado pela DGEG.

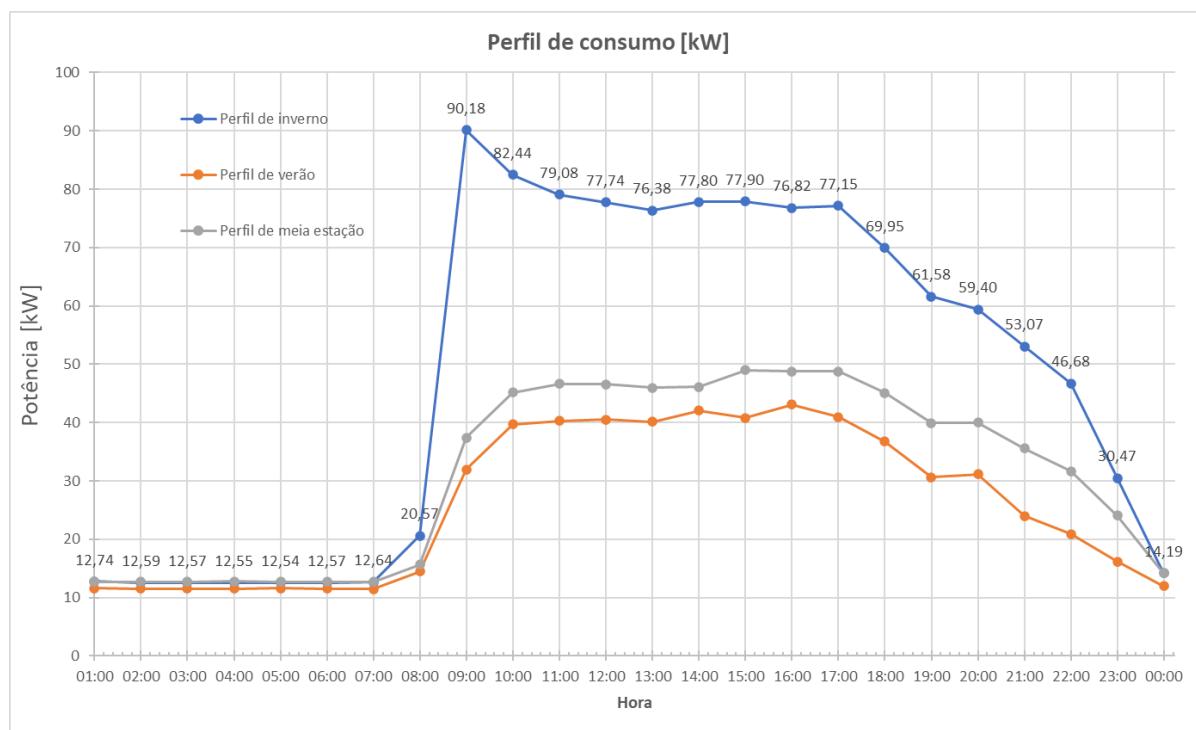


Figura 2 - Perfil de consumo para as três estações

Após a simulação do sistema solar fotovoltaico, na Figura 3 estão apresentados os resultados das simulações, em termos de necessidades do edifício, o autoconsumo eléctrico produzido pelo sistema fotovoltaico e a percentagem de energia eléctrica entregue à rede. As necessidades eléctricas cobertas pelo sistema oscilam consoante a estação do ano, sendo mais elevada durante o Verão e mais reduzida no Inverno, em anexo encontram-se os perfis para cada época do ano (Anexo III). A percentagem de energia enviada à rede eléctrica é bastante reduzida, sendo nula durante a maior parte do ano. Como seria de esperar, o consumo durante o Inverno é maior devido à maior necessidade de aquecimento, enquanto que durante o Verão a energia eléctrica produzida pelo sistema é maior devido à maior exposição solar.

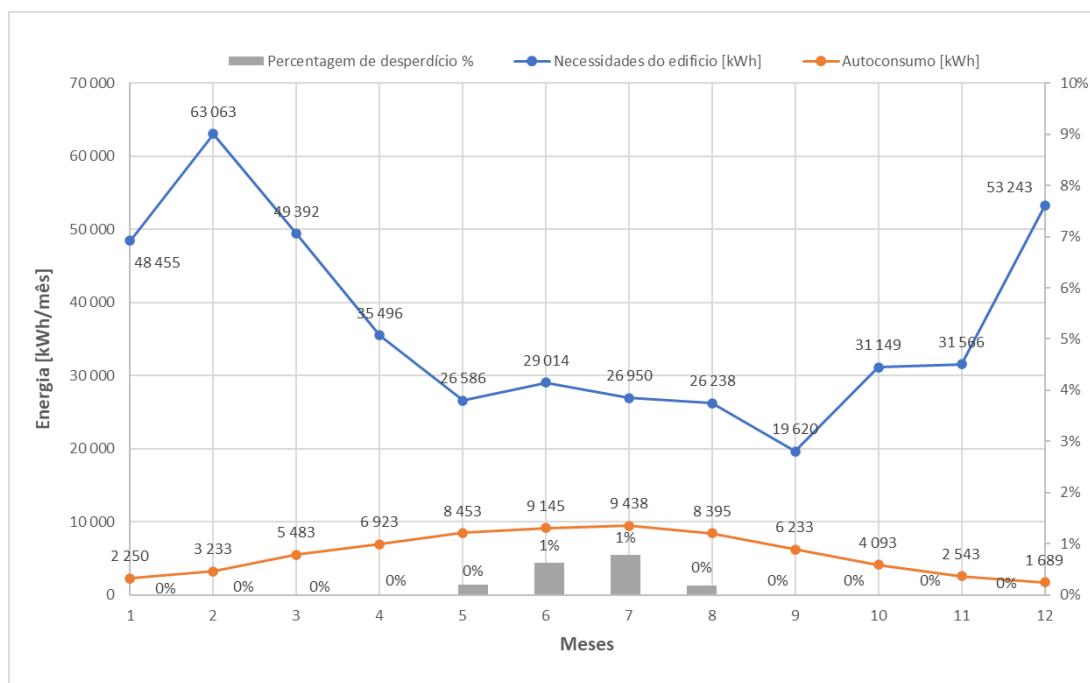


Figura 3 - Representação das necessidades do edifício, energia produzida e entregue à rede

Tabela 9 - Resultados gerais da análise

Necessidades do edifício [kWh/ano]	Autoconsumo do sistema [kWh/ano]	Energia entregue à rede [kWh/ano]
440 772	67 878	491

Para efeitos de contabilização de redução da factura energética anual, teve-se em conta o preço médio de electricidade que consta na auditoria energética, ou seja, de 0,1425€/kWh.

O sistema proposto leva à geração de 67878 kWh/ano de energia eléctrica renovável, toda para autoconsumo. A redução anual da factura é de 9 672,6€ e o retorno de investimento expectável é de 47,9 anos. Note-se que o custo de investimento inclui a instalação da estrutura metálica onde vão ser apoiados os painéis, que são 351 786,93€. Sem esta o período de retorno seria de 11,5 anos.

Tabela 10 - Instalação dos painéis fotovoltaicos

Medida	Redução de Energia Final [kWh/ano]	Redução de Energia Primária [kWh _{EP} /ano]	Economia Energética Anual [€]	Redução Consumo [%]	Custo investimento [€]	Período de retorno simples [anos]
Painéis fotovoltaicos	67 878	169 695	9 672,6	15,4	495 805,03	51,3

3.2. Novas propostas de racionalização de energia

Além da reprogramação das medidas de melhoria existentes, foram incluídas outras medidas que se consideram positivas na relação custo/benefício, com benefícios para o comportamento térmico do edifício. Assim, e de uma forma resumida, as medidas de melhoria a introduzir são as seguintes:

- Tipologia 1.1: Envidraçados e portas;
- Tipologia 1.3 Isolamento na cobertura;
- Tipologia 2.5: Iluminação Cénica LED;
- Tipologia 2.7: Gestão técnica centralizada – efectiva após implementação das tipologias 1.1; 1.3; 2.5; 2.3 e 2.3.1 - **Alterada**
- Tipologia 3.1: Instalação de um sistema de painéis fotovoltaicos;
- Tipologia 2.3: Substituição dos sistemas técnicos produtores de AQS; - **NOVA**
- Tipologia 2.3.1: Substituição do chiller - **NOVA**

Foram adicionadas duas novas medidas de melhoria que incluem a substituição dos sistemas de produção de AQS e substituição do chiller.

3.2.1. Substituição dos equipamentos de produção de AQS

Substituição dos sistemas de AQS por outros mais eficientes. O TNSJ possui neste momento três termoacumuladores de 500l, 100l e 80l que servem piso -1, dois termoacumuladores de 80l no piso 2 e também dois termoacumuladores de 80l no piso 3 que servem os camarins. A proposta consiste na substituição todos os termoacumuladores do piso -1 por uma bomba de calor a instalar na cobertura, assim como todos os outros termoacumuladores eléctricos dos camarins orientados a Sul.

Tabela 11 - Características dos equipamentos AQS existente e proposto

Piso	Existente		Proposta		
	Equipamento	Volume [litros]	Equipamento	Volume [litros]	Potência [kW]
COP					
-1	Terмоacumulador	500			
-1	Termoacumulador	100			
-1	Termoacumulador	50			
2	Termoacumulador	80			
2	Termoacumulador	80			
3	Termoacumulador	80			
3	Termoacumulador	80			

A medida conduz à redução energética de 6 475 kWh/ano que corresponde a 1,2% de redução do consumo geral.

Tabela 12 - Substituição dos equipamentos de AQS

Medida	Redução					Período de retorno simples [anos]
	Redução de Energia Final [kWh/ano]	de Energia Primária [kWhEP/ano]	Economia Energética Anual [€]	Redução Consumo [%]	Custo investimento [€]	
Substituição AQS	6 544,99	16 362,46	932,66	1,5	12 555,52	13,5

3.2.2. Substituição do Chiller

A medida consiste na substituição do *chiller* CH.01 por outro mais eficiente, *chiller* LENNOX GBC140DP1M irá trabalhar num regime de temperaturas de 7°C – 12°C. Possuirá uma potência térmica de arrefecimento de 146,7kW.

As características dos equipamentos existente e proposto estão indicadas na tabela seguinte:

Tabela 13 - Características dos equipamentos existente e proposto

Medida	Equipamento	Potência nominal [kW]	COP
Existente	Chiller TRANE	143,6	2,57

Proposto	Chiller LENNOX	146,7	4,95
----------	----------------	-------	------

A medida de melhoria conduz a uma redução anual da factura de 3 641,8€/ano, sendo o retorno de investimento, simples, expectável de 13,6 anos.

Tabela 14 - Substituição do chiller

Medida	Redução de Energia Final [kWh/ano]	Redução de Energia Primária [kWh _{EP} /ano]	Economia Energética Anual [€]	Redução Consumo [%]	Custo investimento [€]	Período de retorno simples [anos]
Substituição chiller	25 555	63 891,69	3 641,83	5,8	49 469,27	13,6

3.2.3. Alteração da GTC – avaliação energética após implementação de medidas de redução de consumos

A redução energética foi calculada de acordo com a norma EN15232, tendo considerado o efeito da ampliação da GTC de classe C para B. Uma vez que não é possível aplicar integralmente todos os requisitos da norma, foram aplicados os conceitos da norma a todas as grandezas físicas que influenciam os respectivos consumos de energia, em particular os novos, e existentes, sistemas de climatização. De notar que o cálculo de redução da energia está baseada nos valores dos consumos após a aplicação de todas as MM com impacto no consumo. Exclui-se das MM a medida que resulta da aplicação da UPAC. O cálculo da redução levou aos seguintes resultados:

Tabela 15 - Impacto da ampliação da GTC

Medida	Redução de Energia Final [kWh/ano]	Redução de Energia Primária [kWh _{EP} /ano]	Economia Energética Anual [€]	Redução Consumo [%]	Custo investimento [€]	Período de retorno simples [anos]
Ampliação GTC	48 420,97	121 052,42	6 899,99	12,3	39 907,97	5,8

A redução energética calculada é de 48 420,97 kWh/ano, que corresponde a uma redução percentual de 12,3% relativamente ao consumo geral.

4. Balanço de todas as medidas propostas

Como resultado da auditoria, o Teatro Nacional São João apresenta uma classificação energética C. Na Tabela 16 estão resumidas as medidas de melhoria anteriormente mencionadas. De notar que os valores apresentados para cada medida são calculados independentemente das restantes medidas.

Tabela 16 – Resumo MM

Tipologia	Medida	Redução de Energia Final [kWh/ano]	Redução de Energia Primária [kWh _{EP} /ano]	Investimento [€]	Poupança Anual [€/ano]
1.1	Substituição dos vãos envidraçados	4 415,0	11 037,5	160 196,00	629,14
1.3	Isolamento térmico na cobertura inclinada	3 632,0	9 080,0	36 282,20	517,56
2.5	Implementação de iluminação LED	12 071,45	31 753,63	331 138,00	1 809,96
2.7	Implementação de gestão técnica centralizada	48 420,97	121 052,42	39 907,97	6 899,99
3.1	Instalação de painéis fotovoltaicos	67 878,00	169 695,0	495 805,03	9 672,62
2.3	Substituição dos sistemas técnicos produtores de AQS	6 544,99	16 194,5	12 555,52	932,66 €
2.3	Substituição do chiller	25 556,67	63 891,69	49 469,27	3 641,83€

5. Indicadores energéticos resultantes da implementação das medidas de melhoria

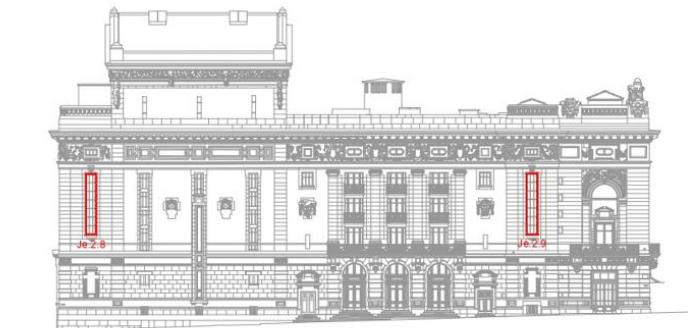
Na Tabela 17 apresentam-se os indicadores de redução energética e de energia final, onde é evidente o impacto da implementação das medidas de melhoria. A energia primária e as emissões de CO₂ reduziram em cerca de 38,4%.

Tabela 17 - Indicadores energéticos

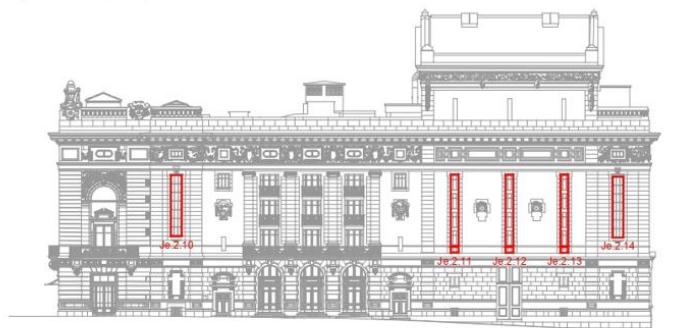
Designação	Unidades	Redução	Redução [%]	Valor final
Energia primária	kWh _{EP} /ano	422 872,70	38,4	679 057
	tep/ano	36,4	38,4	58,4
Emissão de gases com efeito de estufa	ton _{CO2} /ano	42,29	38,4	67,91

A implementação das medidas de melhoria conduz a uma redução energética de 169 149 kWh/ano, têm um custo de investimento de 1 125 354 € e a uma poupança anual de cerca de 24 103,74 €

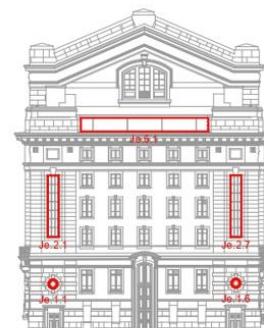
Anexo I – Substituição de vãos envidraçados



Alçado poente (1:500)



Alçado nascente (1:500)



Alçado sul (1:500)

Figura 4 - Janelas a substituir



6 ORAÉ (16 Argon 90) 4 ORAÉ

PLANSTAR ONE #2

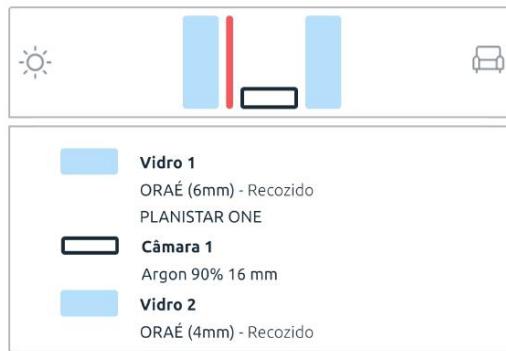
Calculado por: Francisco Escobar

Calculado em: 09/02/2024

Localização: Portugal

Normas: EN410 (2011-04)

Tipo de vidro



Dados de desempenho simulados

	Factores Luminosos	CIE (15-2004)
Transmissão Luminosa (TL)	72%	
Reflexão Exterior (RLE)	14%	
Reflexão Interior (RLI)	15%	
	Factores Energéticos	EN410 (2011-04)
Transmissão (TE)	36%	
Reflexão Exterior (Ree)	35%	
Reflexão Interior (Rei)	42%	
Absorção A1 (Ae1)	28%	
Absorção A2 (Ae2)	1%	
	Factores Solares	EN410 (2011-04)
Factor Solar (g)	0.38	
Coeficiente de Sombreamento (SC)	0.43	
	Transmissão Térmica (Ug)	EN673-2011
Ug	1.0 W/(m ² .K)	
Ângulo em relação à vertical	0°	
	Acústica	EN 12758
Valores acústicos de acordo com a EN 12758 e de um organismo notificado		
Rw	35 (-1; -5) dB	
Ra	34 dB	
Ra,tr	30 dB	
STC (ASTM E413)	N/A	
OITC (ASTM E1332)	N/A	
	Renderização de Cor	CIE (15-2004)
Transmissão (Ra)	94.8	
Reflexão (Ra)	91.9	
	Classe de segurança	EN 12600
Resistência ao impacto do pêndulo	NPD	
	Anti-Intrusão	EN 356
Resistência à intrusão	NPD	
	Dimensões	
Espessura Nominal	26.0 mm	
Massa	25 kg/m ²	
	Sustentabilidade	
Pegada de carbono		
O valor é calculado em relação à composição calculada com base na norma EN 15804+A2 (2019)		
Potencial de Aquecimento Global (GWP) - A1-A3	24	
(kg, CO ₂ equivalente/m ²) Média europeia		



Calumen® determina as características fotométricas e a transmissão térmica do vidro utilizando algoritmos de cálculo conformes com as seguintes normas: as normas europeias EN 410 e EN 673, a norma internacional ISO9050, a norma japonesa JIS R 1063/107 e a norma coreana KS L 2514/2525. As regras de cálculo e os resultados do Calumen® foram validados para as normas europeias EN 410 e EN 673 pelo Relatório de Qualidade TÜV Rheinland Quality 89212153-01. Os valores de desempenho obtidos de acordo com estas normas são fornecidos a título indicativo e podem estar sujeitos a alterações.

Apenas os valores que constam das declarações de desempenho, disponíveis no site de marcação CE da Saint-Gobain são oficiais. Os índices de atenuação acústica são mediados em condições laboratoriais conformes com as normas EN ISO 10140 e EN 12758. Os índices simulados são fornecidos apenas a título indicativo e a sua precisão está dentro de uma gama de +/-2dB. O cálculo das espessuras dos vidros está conforme com o descritivo da versão de 2012 da norma francesa DTU 39. O utilizador é responsável por assegurar que as hipóteses correctas de cálculo são introduzidas e que a DTU 39 é aplicada apropriadamente para o projecto em causa.

Figura 5 - Características técnicas do vidro proposto

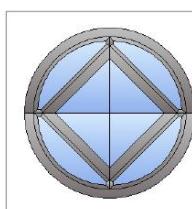


Obra: 24_031 Data adjudicação: _____
 Cliente/Local: .../
 Descrição: Teatro Nacional de São João

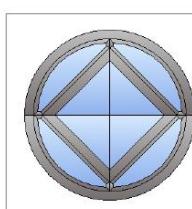


Número de peças: 14

Uw (Média): 2.04 W/m²K



Vão:	1
Tipo:	1
Descrição:	Je.1.1 - Oculo fixo
Número de peças:	1
Medidas:	926.0 x 926.0
Série do perfil:	OS2-65
Cor externa:	GALVANISED
Cor interna:	GALVANISED
Vidros:	33.1_16_33.1_28MM
Painéis:	
Uw	2.67 W/m²K



Vão:	2
Tipo:	2
Descrição:	Je.1.6 - Oculo fixo
Número de peças:	1
Medidas:	926.0 x 926.0
Série do perfil:	OS2-65
Cor externa:	GALVANISED
Cor interna:	GALVANISED
Vidros:	33.1_16_33.1_28MM
Painéis:	
Uw	2.67 W/m²K



Vão:	3
Tipo:	3
Descrição:	Je.2.1 - Env. c/18 fixos
Número de peças:	1
Medidas:	1070.0 x 6110.0
Série do perfil:	OS2-65
Cor externa:	GALVANISED
Cor interna:	GALVANISED
Vidros:	33.1_16_33.1_28MM
Painéis:	
Uw	2.01 W/m²K



Vão:	4
Tipo:	4
Descrição:	Je.2.7 - Env. c/18 fixos
Número de peças:	1
Medidas:	1070.0 x 6110.0
Série do perfil:	OS2-65
Cor externa:	GALVANISED
Cor interna:	GALVANISED
Vidros:	33.1_16_33.1_28MM
Painéis:	
Uw	2.01 W/m²K



Vão:	5
Tipo:	5
Descrição:	Je.2.8 - Env. c/18 fixos
Número de peças:	1
Medidas:	1070.0 x 6110.0
Série do perfil:	OS2-65
Cor externa:	GALVANISED
Cor interna:	GALVANISED
Vidros:	33.1_16_33.1_28MM
Painéis:	
Uw	2.01 W/m²K



Obra: 24_031 Data adjudicação: _____
 Cliente/Local: .../
 Descrição: Teatro Nacional de São João



	Vâo:	6
	Tipo:	6
	Descrição:	J2.9 - Env. c/18 fixos
	Número de peças:	1
	Medidas:	1070.0 x 6110.0
	Série do perfil:	OS2-65
	Cor externa:	GALVANISED
	Cor interna:	GALVANISED
	Vidros:	33.1_16_33.1_28MM
	Painéis:	
	Uw	2.01 W/m²K

	Vâo:	7
	Tipo:	7
	Descrição:	Je.2.10 - Env. c/18 fixos
	Número de peças:	1
	Medidas:	1070.0 x 6110.0
	Série do perfil:	OS2-65
	Cor externa:	GALVANISED
	Cor interna:	GALVANISED
	Vidros:	33.1_16_33.1_28MM
	Painéis:	
	Uw	2.01 W/m²K

	Vâo:	8
	Tipo:	8
	Descrição:	Je.2.11 - Env. c/ 30 fixos
	Número de peças:	1
	Medidas:	750.0 x 7660.0
	Série do perfil:	EBC-65 - OS2-65
	Cor externa:	GALVANISED
	Cor interna:	GALVANISED
	Vidros:	33.1_16_33.1_28MM
	Painéis:	
	Uw	2.33 W/m²K

	Vâo:	9
	Tipo:	9
	Descrição:	Je.2.12 - Env. c/ 30 fixos
	Número de peças:	1
	Medidas:	750.0 x 7660.0
	Série do perfil:	EBC-65 - OS2-65
	Cor externa:	GALVANISED
	Cor interna:	GALVANISED
	Vidros:	33.1_16_33.1_28MM
	Painéis:	
	Uw	2.33 W/m²K

	Vâo:	10
	Tipo:	10
	Descrição:	Je.2.13 - Env. c/ 30 fixos
	Número de peças:	1
	Medidas:	750.0 x 7660.0
	Série do perfil:	EBC-65 - OS2-65
	Cor externa:	GALVANISED
	Cor interna:	GALVANISED
	Vidros:	33.1_16_33.1_28MM
	Painéis:	
	Uw	2.33 W/m²K



Obra: 24_031 Data adjudicação: _____
 Cliente/Local: .../
 Descrição: Teatro Nacional de São João



	Vâo:	11
	Tipo:	11
	Descrição:	Je.2.14 - Env. c/18 fixos
	Número de peças:	1
	Medidas:	1070.0 x 6110.0
	Série do perfil:	OS2-65
	Cor externa:	GALVANISED
	Cor interna:	GALVANISED
	Vidros:	33.1_16_33.1_28MM
	Painéis:	
	Uw	2.01 W/m²K

	Vâo:	12
	Tipo:	12
	Descrição:	Je.2.A1 - Env. c/ 30 fixos
	Número de peças:	1
	Medidas:	750.0 x 7660.0
	Série do perfil:	EBC-65 - OS2-65
	Cor externa:	GALVANISED
	Cor interna:	GALVANISED
	Vidros:	33.1_16_33.1_28MM
	Painéis:	
	Uw	2.33 W/m²K

	Vâo:	13
	Tipo:	13
	Descrição:	Je.2.A2 - Env. c/ 30 fixos
	Número de peças:	1
	Medidas:	750.0 x 7660.0
	Série do perfil:	EBC-65 - OS2-65
	Cor externa:	GALVANISED
	Cor interna:	GALVANISED
	Vidros:	33.1_16_33.1_28MM
	Painéis:	
	Uw	2.33 W/m²K

	Vâo:	14
	Tipo:	14
	Descrição:	Je.6.1 - Env. c/5 janelas OB e 6 fixos
	Número de peças:	1
	Medidas:	12540.0 x 1360.0
	Série do perfil:	W-DIV - OS2-75 - OS2-65
	Cor externa:	GALVANISED
	Cor interna:	GALVANISED
	Vidros:	6_24_4_34MM
	Painéis:	
	Uw	1.57 W/m²K

Anexo II - Substituição da iluminação cénica

Perfis de consumo do edifício para estação fria – dias 12,13,14,15,18,19,20,21,27 e 28 de janeiro

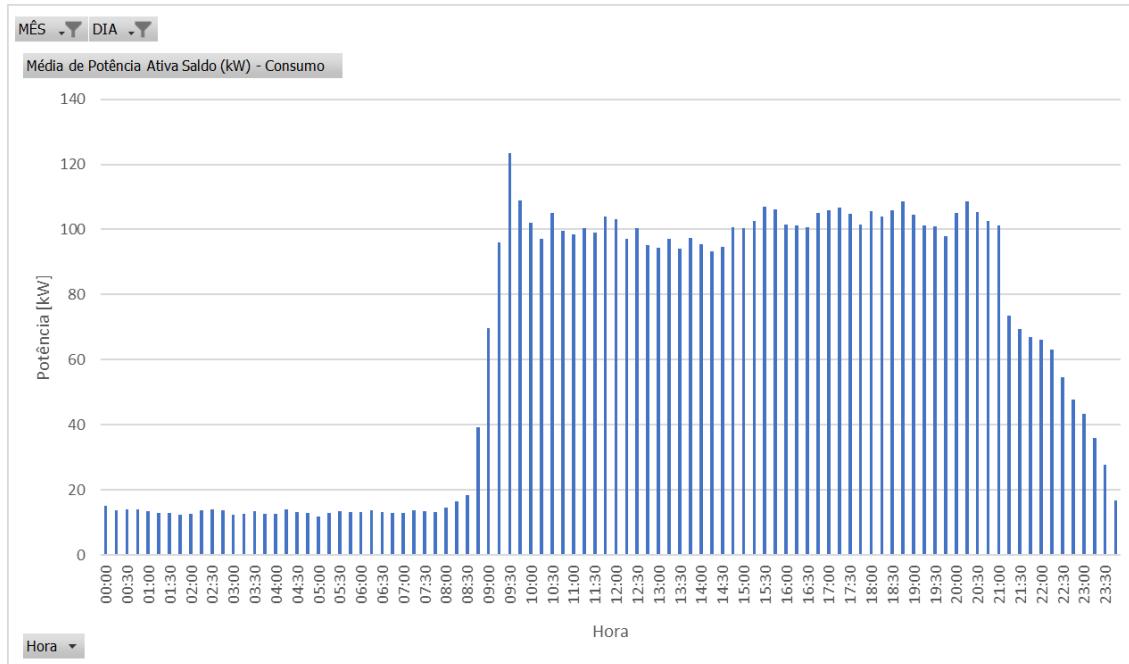


Figura 6 - Perfil de potência activa instantânea para dias dos espectáculos durante o Inverno

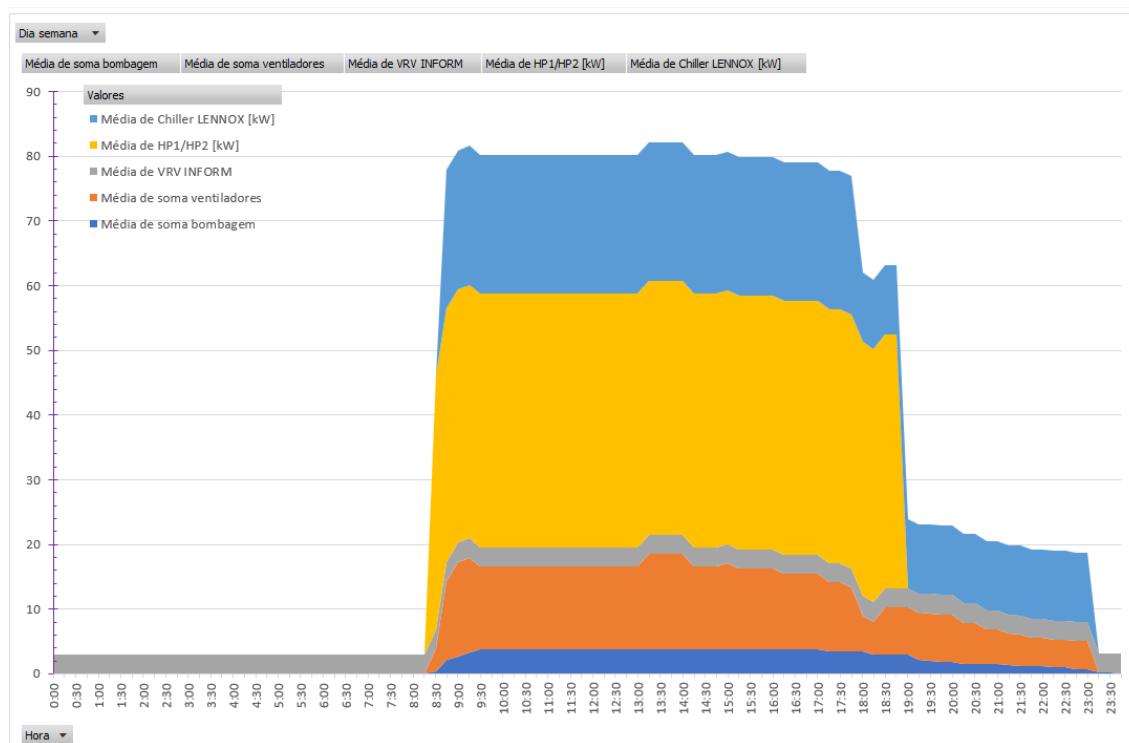


Figura 7 - Perfil de potência activa instantânea associada aos equipamentos produtores de calor

Perfis de consumo do edifício para estação fria – dias 1,2,20,21,22,23,26,27,28,29,30 de abril

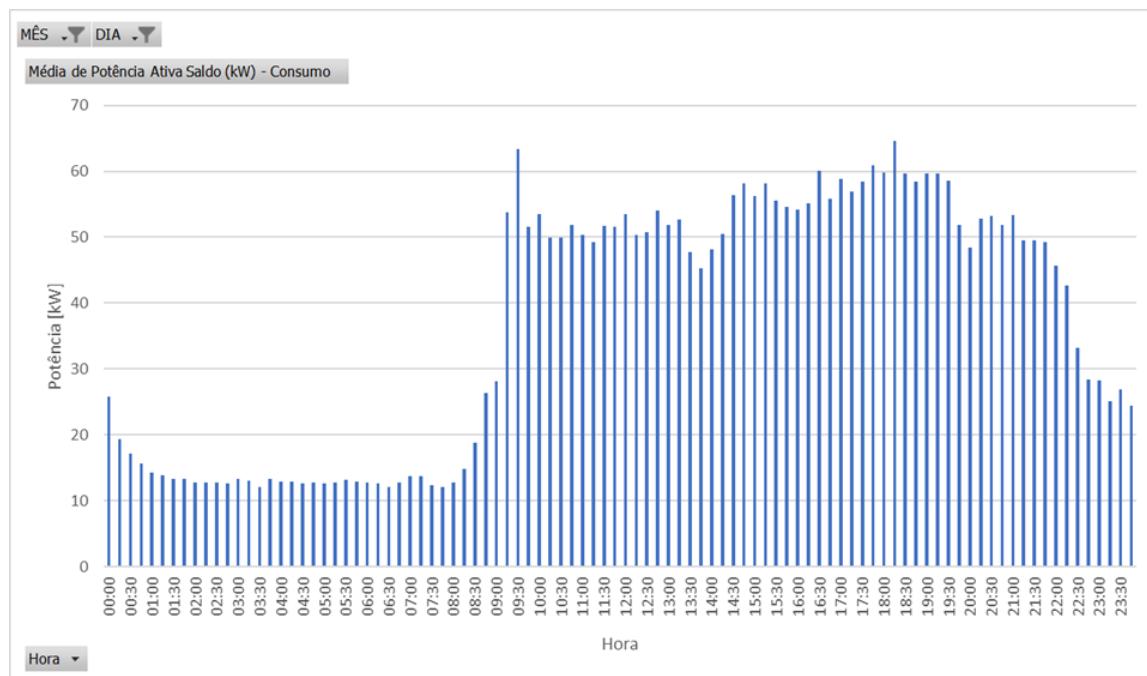


Figura 8 - Perfil de potência ativa instantânea do edifício para a meia estação

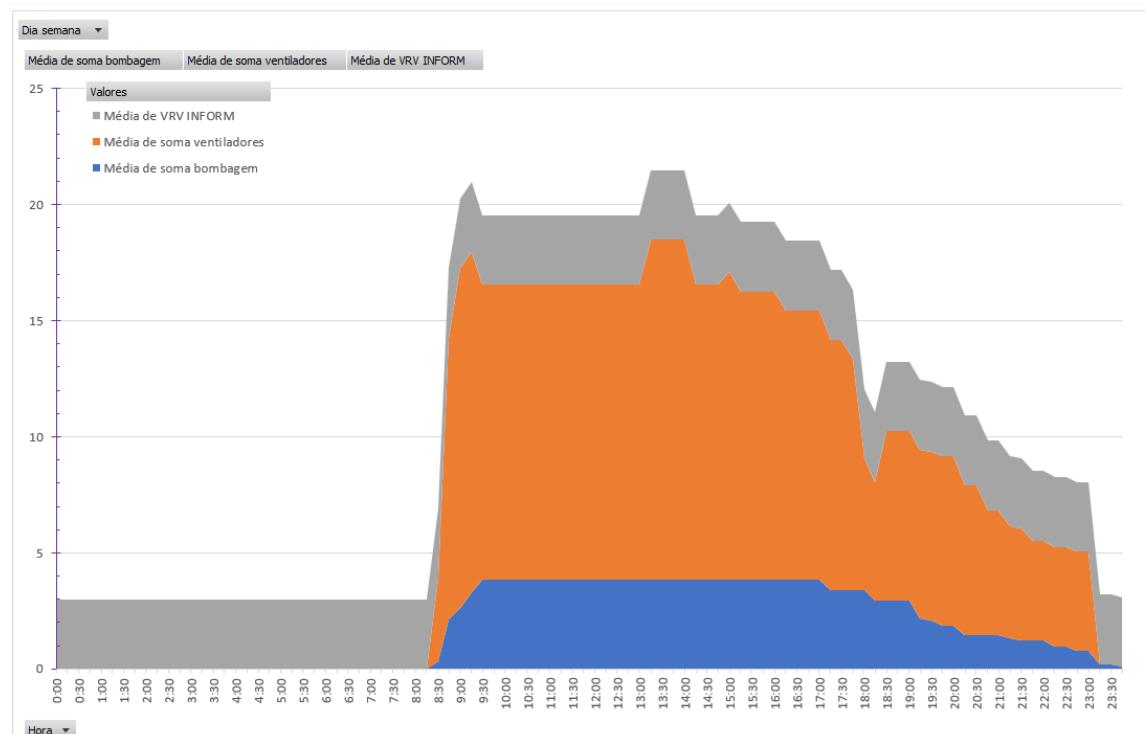
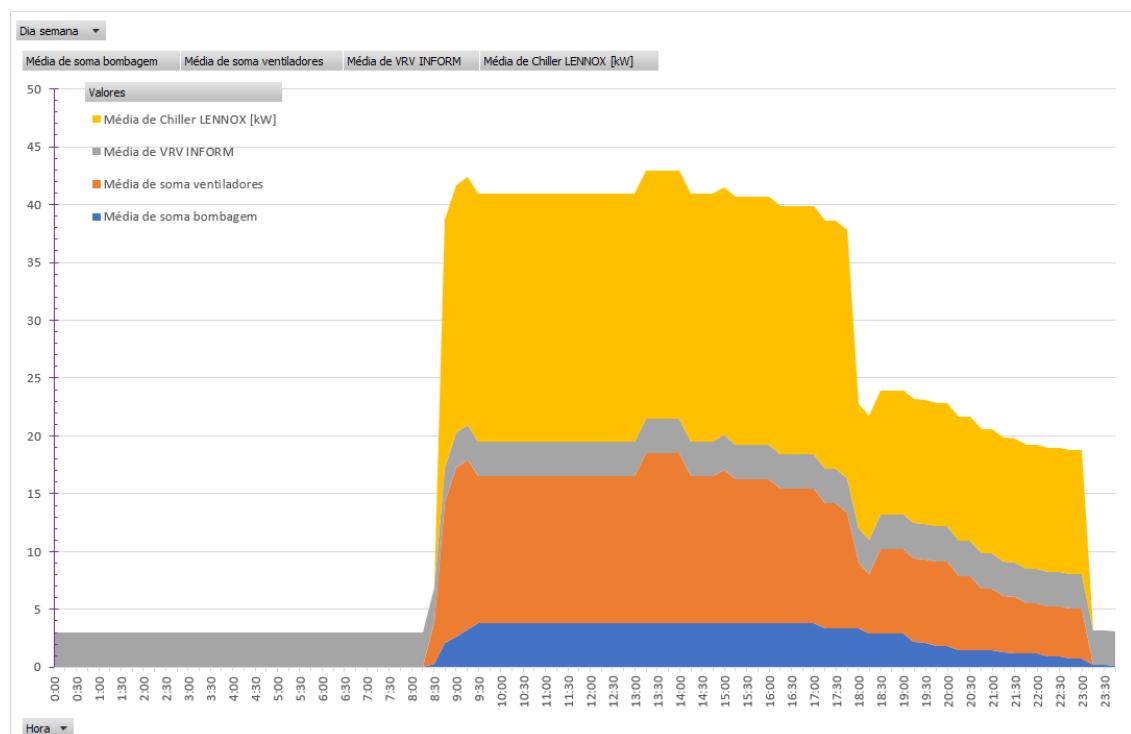
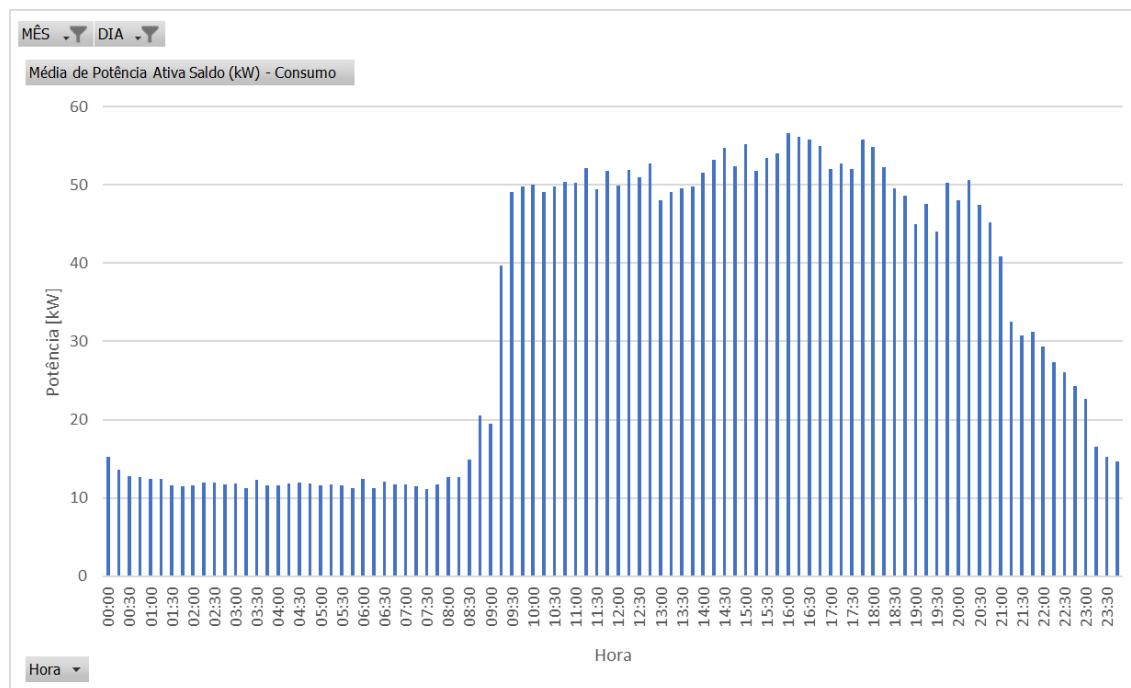


Figura 9 - Perfil de potência ativa instantânea para bombas e ventiladores

Perfis de consumo do edifício para estação quente – dias 6,7,8,9,15,16,21,22,27, e 28 de julho



Anexo III – Instalação de painéis fotovoltaicos

Hora	Perfil de inverno	Perfil de verão	Perfil de meia estação
01:00	12,74	11,61	12,71
02:00	12,59	11,52	12,69
03:00	12,57	11,52	12,70
04:00	12,55	11,51	12,75
05:00	12,54	11,57	12,72
06:00	12,57	11,51	12,70
07:00	12,64	11,43	12,71
08:00	20,57	14,45	15,61
09:00	90,18	31,94	37,43
10:00	82,44	39,68	45,14
11:00	79,08	40,31	46,61
12:00	77,74	40,49	46,55
13:00	76,38	40,14	45,96
14:00	77,80	42,05	46,08
15:00	77,90	40,79	49,01
16:00	76,82	43,08	48,74
17:00	77,15	40,96	48,75
18:00	69,95	36,78	45,11
19:00	61,58	30,60	39,92
20:00	59,40	31,13	40,01
21:00	53,07	23,99	35,60
22:00	46,68	20,90	31,66
23:00	30,47	16,17	24,04
00:00	14,19	11,96	14,14

Figura 10 - Perfis de consumo reais TNSJ

Tabela 18 - Resultados da simulação dos painéis fotovoltaicos

	Mês	Jan	Fev	Mar	Abril	Maio	Jun	Jul	Agos	Set	Out	Nov	Dez	Totais kWh/ano
	Necessidades do edifício [kWh]	48 455	63 063	49 392	35 496	26 586	29 014	26 950	26 238	19 620	31 149	31 566	53 243	440 772
120 painéis 435W horizontais	Autoconsumo [kWh]	2 250	3 233	5 483	6 923	8 453	9 145	9 438	8 395	6 233	4 093	2 543	1 689	67 878
	Entregue à rede [kWh]	0	0	0	1	52	180	209	49	0	0	0	0	491
Total	% necessidades cobertas	5%	5%	11%	20%	32%	32%	35%	32%	32%	13%	8%	3%	15%
	% desperdício	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

AEG

AS-M3207U-S(G12) / ULTRA BLACK SHINGLED PHOTOVOLTAIC MODULE

PRODUCT SERIES & NAMECODE (PNC)

AEG PREMIUM SERIES			
AS-M3207U-S(G12)-430/435/H/V			
black frame, black backsheet, black wiring			

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC¹

Nominal Power (Pmax)	[Wp]	430	435
Power Sorting ³	[W]	0-5	0-5
Maximum Power Voltage (Vm)	[V]	36.1	36.2
Maximum Power Current (Im)	[A]	11.92	12.02
Open Circuit Voltage (Voc)	[V]	43.5	43.6
Short Circuit Current (Is)	[A]	12.68	12.79
Module Efficiency (η_m)	[%]	20.7	20.9
Maximum System Voltage	[V]	1500	1500
Series Fuse Maximum Rating	[A]	25	25

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NMOT⁴

Maximum Power (Pmax)	[W]	324	328
Maximum Power Voltage (Vm)	[V]	34.4	34.5
Maximum Power Current (Im)	[A]	9.41	9.49
Open Circuit Voltage (Voc)	[V]	41.5	41.6
Short Circuit Current (Is)	[A]	10.23	10.32

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Solar cells	monocrystalline [pcs]	320
	Dimensions [mm]	G12-based shingles
Front glass	high-transparency	
	Thickness [mm] / [in]	3.2 / 0.126
Backsheet	Black	
Encapsulant	EVA	
Frame	Anodized aluminum alloy	Black
Junction box	Split-type	
	Bypass diodes	2
UV-resistant cables	Length [mm] / [in]	1400 / 55.12
	Section [mm ²]	4
Connectors	MC4	
Dimensions	H x L x W [mm]	1899 x 1096 x 30
	H x L x W [in]	74.76 x 43.15 x 1.18
Weight	[kg] / [lbs]	218 / 48.04
Maximum load	Wind / Snow [Pa]	2400 / 5400
Fire Class	Class C	

PACKAGING

Packing configuration	[pcs/pallet]	36
Loading capacity	[pcs/40 ft container]	864

NOTES

1-Standard Test Conditions (STC): irradiance 1000 W/m², Air Mass AM = 15, Cell Temperature 25°C

2-Measurement tolerances (IEC 6125:2016): Pmax ±3%, Voc ±3%, Isc ±3%

3-AEG photovoltaic modules are classified according to a principle of positive power tolerance: the Power Output measured at STC of the delivered modules exceeds their as signed Nameplate Nominal Power

4-NMOT: Nominal operating temperature of module, Irradiance 800 W/m², Wind Speed 1m/s, Ambient Temperature 20°C, Air Mass AM=15

5-Full text of the Warranty Terms available at www.aeg-industrialsolar.de. The Extended Warranty is a separate offer. If not offered by your distributor, the standard warranty conditions apply.

6-CPRE/GBI No less than 98% of the minimum "Peak Power at STC" in the first year; power output decline no more than 0.55% per year thereafter, ending with 84.8%.

Dimensions in the technical picture are expressed in mm with tolerance +2 mm (+0.079") / Version 2022.05.VIEW © Solar Solutions Group. Specifications in this datasheet are subject to change without notice.

AEG is a registered trademark used under license from AB Electrolux (publ).

CONTACT US

info@aeg-industrialsolar.de | www.aeg-industrialsolar.de

Figura 11 - Painel fotovoltaico a instalar na cobertura horizontal 435W

Relatório de simulação 120 painéis 435W na cobertura horizontal – perfil de inverno



24/04/2024 16:38

Relatório de simulação 120 painéis 435W na cobertura horizontal – perfil de meia estação



24/04/2024 17:10

Relatório de simulação 120 painéis 435W na cobertura horizontal – perfil de verão



Direção-Geral de Energia e Geologia

Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico														
Sumário														
Instalação em TNSJ (Porto)							índices de desempenho							
249,8 m ² de módulos AS-M3207U-S(G12)435W montagem fixa com inclinação 0° e orientação 0°. Potência: 52,2 kW (nominal)							energia solar incidente:	385 043 kWh/ano	produtividade técnica:	1 309 kWh/kW instalado	aproveitado:	636 kWh/kW instalado		
							produção fotovoltaica potencial (DC):	76 768 kWh/ano	rendimento relativo:	81% (performance ratio)	i.e.	17% da energia incidente		
							perdas do sistema (DC):	-2 063 kWh/ano	necessidades cobertas:	43%				
							perdas e consumos parasíticos (AC):	-3 347 kWh/ano						
							produção (AC):	68 370 kWh/ano						
							autoconsumo (AC):	33 211 kWh/ano						
Local e clima														
NUTS III: Grande Porto				Município: Porto				Local: TNSJ				elevação: Grande Porto malbedo:		
obstruções do horizonte														
azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NE	-40°	-35°	-30°	
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico														
Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 120 módulos AS-M3207U-S(G12)435W (249,8 m ²) com inclinação 0° e orientação 0°.														
Potência nominal da instalação 52,2 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 36 V.														
Degradção máxima do rendimento dos módulos: 0,0% por ano (informação não utilizada em cálculos).														
Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeira e sujidades sobre os módulos.														
Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais.														
Perdas operacionais: 6 horas (diárias) para manutenção e reparação de avarias.														
Bloco de inversor e controlo típico A (96%) com eficiência 96,0% (definição Europeia).														
Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.														
Sistema explorado em regime de autoconsumo.														
Aproveitamento do recurso solar														
radiação solar directa							jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago
							horizontal (à superfície)	3,0	5,3	8,7	11,7	14,7	18,3	19,2
							incidente nos módulos	3,0	5,3	8,7	11,7	14,7	18,3	19,2
							absorvida pelos módulos	2,7	5,0	8,4	11,4	14,4	17,9	18,2
							set	out	nov	dez	anual			
radiação solar global							jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago
							no topo da atmosfera	14,6	20,0	27,3	34,6	39,7	41,7	40,6
							na horizontal (à superfície)	6,4	9,9	15,0	19,4	23,9	26,6	26,9
							incidente nos módulos	6,4	9,9	15,0	19,4	23,3	26,6	25,5
							absorvida pelos módulos	5,8	9,2	14,0	18,4	22,2	25,5	25,7
							set	out	nov	dez	anual			
Desempenho energético														
temperatura							jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago
							ambiente (média diária)	10	11	13	14	16	20	22
							nos módulos (média diurna)	28	29	33	33	36	41	44
							set	out	nov	dez	anual			
energia														
radiação solar incidente							jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago
							produção fotovoltaica (DC)	12 506	17 808	30 191	38 271	47 640	52 969	55 341
							perdas do sistema (DC)	2 526	3 630	6 157	7 774	9 550	10 819	10 833
							consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0
							outras perdas (AC)	-110	-158	-268	-339	-416	-472	-413
							produção disponível (AC)	2 250	3 233	5 483	6 924	8 505	9 636	9 648
							set	out	nov	dez	anual			
necessidades do edifício (AC)							0	0	0	0	19 409	19 409	19 409	
autoconsumo (AC)							0	0	0	0	9 415	9 438	8 395	
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)							2 250	5 483	10 967	17 890	26 395	26 575	26 784	
Avaliação do desempenho														
rendimento global:							17%	da energia incidente		produtividade técnica:	1 309 kWh/kW instalado			
rendimento relativo:							81%	(performance ratio)		i.e.	274 kWh/m ² instalado			
										exploração real	636 kWh/kW instalado			
										i.e.	133 kWh/m ² instalado			
Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)														
Potência do sistema: 52,2 kW							– deve ser menor que a potência contratada							
68 370 kWh							[produção anual < consumo anual]							
Passível de remuneração: 33 211 kWh														

24/04/2024 17:07