

# Dobrando uma Sombra

## O edifício-máquina

Um modelo de integração da arquitectura em instalações fotovoltaicas de autoconsumo no ambiente urbano.



Helder Piazzentin

2016



[...] na vida tem cada um sua fábrica, estes ficam aqui a levantar paredes, nós vamos a tecer vimes, arames e ferros, e também recolher vontades, para que com tudo junto nos levantemos, que os homens são anjos nascidos sem asas, é o que há de mais bonito, nascer sem asas e fazê-las crescer, [...]

In "memorial do convento"  
José Saramago

## Nota introdutória

Ultrapassada a segunda metade do séc. XX, que podemos caracterizar como o da era da electrónica, podemos estar na presença da era do *organicismo*. Utilizo o termo *organicismo* para sintetizar duas grandes ideias que aparentemente têm reunido consenso entre as comunidades das ciências exactas e as das ciências Humanas. Uma é a ideia de que se deve procurar a “partícula essencial” que contém o princípio de que é necessário encontrar a “peça mestra” pela qual tudo se constrói. Numa analogia com o universo das plantas a conquista seria reproduzir a célula primordial da qual florescem todas as formas e substâncias que compõem a diversidade da flora e com isto diminuir a quantidade de esforço na sua reprodução. A outra ideia que o termo *organicismo* traduz é a ideia de “natural”. Temos como presente que o que é “natural” é tudo o que tem origem na natureza e que se comporta segundo as suas leis, incluindo conceitos como equilíbrio, ritmo, saúde, sustentabilidade e renovação.

É no final do séc. XX que surgem as dificuldades em obter e gerir a energia que necessitamos para a nossa sobrevivência. Tal obstáculo (crise energética de 70) gerou a reflexão sobre os métodos, a origem e a utilização da energia que extraímos. Das conclusões que resultaram do estudo da não mais próspera economia energética surgiu um problema ainda mais grave: as alterações climáticas. As alterações climáticas não são mais do que os sintomas que resultam dos desequilíbrios e impactos que o Homem tem provocado no modo equilibrado como o planeta se comportava. A correlação entre a utilização energética e as alterações climáticas é estabelecida pela relação entre os fenómenos atmosféricos e o crescimento industrial e populacional. (Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014)

Estabelecida esta relação entre o consumo energético e a capacidade do planeta resistir a esta pressão sobre os seus recursos, os líderes mundiais têm encontrado algumas maneiras de ir mitigando os impactos que o desenvolvimento mundial assente numa economia de recursos fósseis produzem. Algumas dessas medidas permitiram o desenvolvimento da obtenção da energia através de tecnologias menos onerosas para o ambiente. As formas de obter a energia de forma renovável permitem evitar recorrer a tantos recursos para transformar a energia na sua forma cinética ou química em outras formas como a eléctrica. (Climate Change 2014: Synthesis Report )

O nosso desafio para o séc. XXI passa inevitavelmente por encontrar e reproduzir naturalmente melhores práticas e costumes no modo como utilizamos e gerimos a energia enquanto recorremos a melhores tecnologias ambientais.

Normalmente, quando a escala de referência é muito grande há a tendência para se desprezar os pequenos e micro empreendimentos. Em Arquitectura há muitas vezes a

crença de que os grandes problemas urbanos só se resolvem com projectos a grande escala. O que a história da Arquitectura, contudo, demonstra é que apesar da notoriedade que se obtém da produção do "masterplan", demasiadas vezes o território não reuniu os benefícios que se estimavam. Na questão energética a mesma dúvida persiste: é preferível construir poucos mega empreendimentos para efetuar o despacho das necessidades energéticas? Ou é melhor fragmentar, optando-se por gerar muitos micro empreendimentos dispersos e cuja área de produção é a de consumo?

*"Our ignorance is not so vast as our failure to use what we know."*

Dr. Marion King Hubbert (1903-1989)  
American Geologist, geophysicist

## Caso de estudo “campus ISEL”

O desenvolvimento de unidades de pequena, mini e micro produção de energia eléctrica em Portugal até 2014 apresentava-se como um investimento muito atractivo pois contava com uma tarifa bonificada que reduzia o risco da aposta para níveis muito próximos de zero. O Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de Outubro, acabou com os regimes bonificados, argumentando que a tecnologia adquiriu um grau de maturação suficiente para ser competitiva com as outras soluções de produção de energia. (Diário da República electrónico, 2016)

A nova legislação prevê agora duas modalidades de se produzir energia eléctrica em instalações descentralizadas de pequena dimensão. Uma, como pequeno produtor que vende toda a energia à rede eléctrica de serviço público (RESP) com base num modelo de licitação. E outra, como produtor de energia para autoconsumo, que pode ou não estar ligado à RESP.

A modalidade de autoconsumo para instalações como as do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL) é das duas a que apresenta, inicialmente, maiores benefícios. Nesta modalidade toda a energia produzida deve ser consumida pela entidade reduzindo ao mínimo a injeção de electricidade na rede uma vez que a remuneração por cada kWh é ditado pelo preço de mercado. O preço da energia atribuído no mercado ibérico é muito reduzido, todavia o valor que é cobrado pela electricidade e respectiva utilização das redes em território português é muito elevado, mesmo comparado com países com maior poder de compra.

O produtor que opte pela modalidade de autoconsumo pretende reduzir a sua dependência dos comercializadores de electricidade diminuindo o valor da factura, de modo canalizar a poupança para outros ou novos investimentos.

No final, este estudo pretende demonstrar se a instalação de uma fonte de energia eléctrica fotovoltaica reduz significativamente a factura eléctrica do campus do ISEL de modo a justificar o seu investimento.

O projecto arquitectónico que vai absorver as estruturas e os equipamentos devidamente dimensionados tem como objectivo evidenciar o subaproveitamento espacial da área reservada ao estacionamento ao ar-livre no campus.

A integração do projecto eléctrico e económico com o arquitectónico é um exercício que costuma ser executado por equipas com perspectivas diferentes que produzem três projectos distintos que nunca se justapõem excepto no final. Tal modo de executar o planeamento gera situações de conflito entre os diversos projectos que resulta no desperdício de horas de trabalho e na perda de qualidade da obra a levantar. É, portanto, fundamental que a equipe multidisciplinar esteja sempre presente em todas as fases projectuais e construtivas de qualquer empreendimento.

A simulação tridimensional das estruturas a instalar deve permitir entender onde se sobrepôs uma razão de ordem económica sobre as outras e onde uma de natureza eléctrica prevaleceu e mesmo quando foi um aspecto arquitectónico que teve mais peso na decisão.

A perspetiva arquitectónica sobre um projecto no espaço é desde o início bem diferente da perspectiva da engenharia, pois enquanto o engenheiro “vê” uma máquina e refina a sua performance, o arquitecto percebe os espaços que os aparelhos podem produzir e a forma como nos relacionamos sensorialmente com eles de modo a desenvolver uma relação de empatia com o edifício. (Gregotti, 2001)

Tendo por base a introdução de objectos que vão transformar o espaço, importa perceber que benefícios pode o campus do ISEL oferecer aos seus utilizadores caso se implante a instalação dos equipamentos e das aparelhagens. Por fim o projecto vai definir as várias actividades e/ou serviços que poderão ser integradas nos elementos de suporte que vão acrescentar uma mais-valia ao ISEL e ao conjunto urbano que o envolve.

*"Há sem dúvida quem ame o infinito,  
Há sem dúvida quem deseje o impossível,  
Há sem dúvida quem não queira nada  
Três tipos de idealistas, e eu nenhum deles:  
Porque eu amo infinitamente o finito,  
Porque eu desejo impossivelmente o possível,  
Porque eu quero tudo, ou um pouco mais, se puder ser,  
Ou até se não puder ser."*

In "Cansaço"  
Álvaro Campos

## Agradecimentos

Agradeço a todos os colaboradores da Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Energias Renováveis (EGER).

Aos caríssimos Eng. Ana Catarina Monteiro, Eng. Patrícia Baptista, Eng. Eduardo Eusébio e Eng. Ricardo Conceição o meu agradecimento pelo vosso contributo que espero dignificar nestas páginas.

À minha irmã, Tânia Piazzentin, que reviu entusiasticamente cada linha escrita, muito obrigado!

À Professora Doutora Cristina Camus, semente, raiz e seiva deste exercício. Que estas folhas possam traduzir um décimo do quanto foi recompensador e estimulante poder contar com o seu conhecimento, dedicação e confiança nesta ideia que partilhamos.

## Índice

Nota introdutória.....	4
Caso de estudo “campus ISEL” .....	7
Agradecimentos .....	10
1 - O campus do ISEL: .....	13
1.1- Forma Urbana.....	13
1.2- Campus do ISEL .....	15
1.2.1 - Espaço edificado.....	15
1.2.2 - Ligação eléctrica à rede - Postos de Seccionamento e Transformação (PST) .....	16
1.2.3 - Circulação rodoviária .....	20
2 – Espaço de Estacionamento do ISEL .....	22
3- Exposição solar:.....	24
3.1 – Horas diárias ao longo do ano.....	24
3.2 – Orientação solar anual .....	25
3.3 – Radiação solar estimada .....	27
4 - Consumos diários do ISEL:.....	31
4.1 – Diagramas de carga .....	31
4.2 – Estimativa de potência a instalar .....	33
4.3 – Consumo de energia eléctrico anual.....	33
5 – Equipamentos fotovoltaicos:.....	35
5.1 – Módulos fotovoltaicos.....	35
5.2 – Rendimento dos módulos.....	38
5.3 –Avaliação preliminar das soluções fotovoltaicas .....	39
6 – Proposta Arquitectónica: .....	42
6.1 – Arquitectura .....	42
6.2 – Programa arquitectónico .....	43
6.3 – Proposta arquitectónica-Uma sombra construída .....	46
6.3.1 – Estacionamento coberto .....	48
6.3.2 – Cobertura em módulos fotovoltaicos .....	49

6.3.3 – Espaço multiusos.....	51
6.3.4 – Esquema de ligações do sistema fotovoltaico. ....	56
7 – Avaliação económica:.....	57
7.1 – Edifício-máquina .....	57
7.2 – Energia produzida e poupança estimada.. ....	57
7.3 – Investimento inicial .....	61
7.4 – Financiamento .....	62
7.5 – Estimativa de resultados .....	63
7.5.1 – Exploração a 25 anos com financiamento .....	63
7.5.2 – Exploração a 20 anos com financiamento.....	64
7.5.3 – Exploração a 15 anos com financiamento .....	65
7.5.4 – Exploração a 10 anos capitais próprios.....	65
7.6 – Fundos comunitários .....	66
8 – Valorização Patrimonial: .....	68
8.1 – Património material.....	68
8.2 – Património imaterial .....	71
Referências Bibliográficas.....	76
Referências electrónicas .....	77
Referências cinematográficas: .....	78
Índice de Figuras.....	80
Apêndices.....	81
Anexo I.....	82
Anexo II .....	90

# 1 - O campus do ISEL:

## 1.1- Forma Urbana.

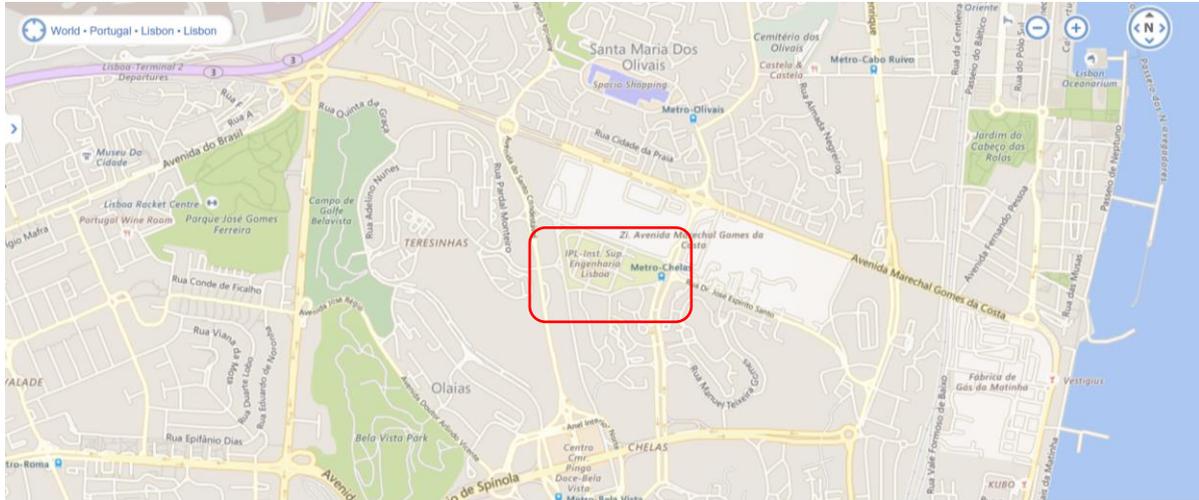


Fig. 1- Carta Geográfica de Lisboa Oriental  
fonte 1: <https://www.bing.com/mapspreview>



Fig. 2 - Fotografia aérea sobre o campus do ISEL  
fonte 2: <https://www.bing.com/mapspreview>

O campus do ISEL encontra-se localizado entre a Av. Infante Dom Henrique a nascente, a Av. da República da Bulgária a poente, a Rua Conselheiro Emídio Navarro a norte e a Rua Engenheiro Rodrigues de Carvalho a sul. O campus é constituído por 11 edifícios alinhados perpendicularmente à rua a norte. O espaço da instituição educativa define um quarteirão cujo limite a norte e a poente é recto e alongado ao passo que a sua delimitação a sul é consequência de uma via ondulante que vai amaciando o elevado declive em direcção a nascente.

O acesso ao campus é feito por intermédio de três entradas: 2 pedonais e para veículos e outra apenas pedonal. A entrada principal encontra-se a norte e é feita pela Rua Conselheiro Emídio Navarro. A nascente, às “portas” da estação de metro de Chelas, a entrada no campus consiste em dois portões simétricos que antecedem um bom lanço de escadas. Por fim, a sul, uma larga via permite a circulação entre o espaço público e o do ISEL quer por veículos quer por transeuntes.

O ISEL encontra-se entre um espaço industrial e um residencial. A norte, antigas fábricas e estruturas industriais vão sendo repreenchidas por novas empresas. Os edifícios são de grande dimensão e os espaços são amplos e rectilíneos como resultado de uma utilização à escala do camião e das grandes máquinas.

A frente sul apresenta uma linguagem urbanística completamente diferente. Aqui, vários conjuntos de altos edifícios de habitação deambulam em formas semicirculares pelo espaço de forma “desalinhada”. Entre os vários conjuntos habitacionais existem generosas áreas não preenchidas por construções que aguardam definição urbana.

O campus do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa é mais estreito no seu limite a nascente, apesar deste estar virado para o espaço público mais nobre que o circunscreve: a Av. Infante Dom Henrique. Neste lado, devido à diferença de cotas e à ampla largura dos passeios e espaços ajardinados, os pequenos portões não se destacam na avenida.

Por um lado, é uma situação arquitectónica muito curiosa e interessante pois é muito difícil “construir” um alçado urbano que consiga dissimular um complexo edificado tão grande e volumoso como o do ISEL numa avenida tão larga e desafogada de arvoredo, parques infantis, quiosques e outras “tralhas” que saturam os espaços aptos à contemplação e socialização. Contudo, neste caso é no mínimo desconcertante que tão importante acesso não tenha uma posição mais forte no enquadramento urbano, dada a proximidade com os interfaces dos transportes públicos e à mais importante via de chegada a esta parte do território da cidade de Lisboa. (Sola-Morales, 2004)

A poente das instalações do ISEL há um sítio para lá da avenida. É um espaço indefinido. Um vazio que corta a malha urbana e a realidade construída. Este vazio faz com que a área ocidental do campus, que é a mais elevada face ao nível médio da água do mar, defina o limite da área urbanizada desta zona.

Urbanisticamente, a distribuição dos edifícios da instituição de ensino e dos espaços que os rodeiam permitiu “coser” de forma harmoniosa duas áreas de cidade que são antagónicas gerando uma área edificada bem consolidada apesar da indefinição de alguns espaços que aguardam uso ou futuro.

## 1.2- Campus do ISEL

### 1.2.1 - Espaço edificado

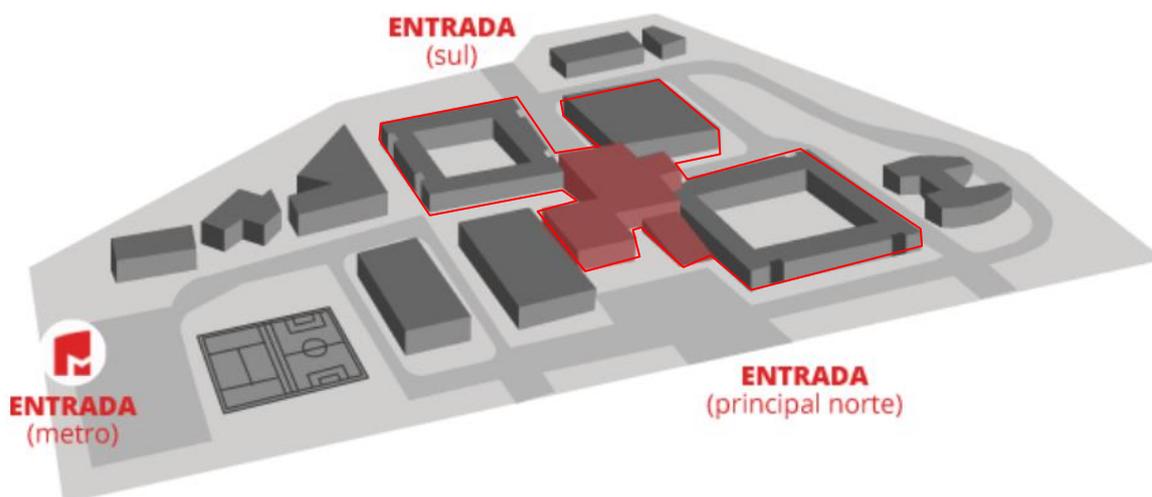


Fig. 3 - Modelo tridimensional do campus do ISEL  
fonte 3: <https://www.isel.pt/o-isel/isel/campus>

O acesso principal ao campus do ISEL corresponde à entrada norte. É tendo este local como referência que se inicia a circulação entre os vários espaços da instituição. Inicialmente o instituto era constituído por 4 edifícios. Um mais central com uma grande escadaria, dois "gémeos" que se unem a este diagonalmente e um quarto que encerrava uma forma quadrangular do conjunto. Desde 1974, ano da fundação formal do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, até agora que a instituição de ensino se transformou e cresceu tal como a sua envolvente.



Fig. 4- Fotografias do Campus do ISEL déc de 70.  
fonte 4: <http://restosdecoleccion.blogspot.pt/2014/04/instituto-superior-de-engenharia-de.html>

O edifício central e os dois "gémeos" são as peças arquitectónicas de maior relevo em todo o conjunto edificado de que fazem parte. A posterior construção de edifícios essenciais ao crescimento da oferta lectiva veio retirar muita da clarividência projectual e singular do conjunto de '74 uma vez que foram implantadas novas construções ao redor das existentes reduzindo o seu campo de visualização e desvirtuando o ritmo imposto pela diferença de cotas entre os sucessivos espaços exteriores. (Leite, 2014)

O aparecimento avulso de edifícios que foram surgindo ao ritmo das necessidades não contribuiu para uma ideia de identidade unificadora de todas as instalações do campus. É facilmente identificável uma linguagem arquitectónica muito clara que une todos os edifícios da década de 70 face às várias soluções arquitectónicas que se manifestam em cada um dos restantes edifícios.

Como consequência desta multiplicidade de léxico arquitectónico não é possível eleger um espaço que sintetize a ideia, os atributos, as aspirações, os valores, os sucessos, as dificuldades, os entraves ou mesmo uma imagem que funcione como referência da instituição ISEL. Ou seja, não há um elemento arquitectónico que distinga espacialmente o ISEL de qualquer outro campus universitário ou de ensino e traduza o posicionamento da instituição no meio académico.



Fig. 5 - Fotografias ISEL 2016: esq - foto aérea; dir – entrada nascente  
fonte 5:<http://restosdecoleccion.blogspot.pt/2014/04/instituto-superior-de-engenharia-de.html>

No total, o campus é composto por 11 edifícios que na sua maioria têm 5 pisos, apesar de alguns, sobretudo a nascente, serem muito mais baixos e até demonstrarem um carácter temporário. O resto do espaço a cotas mais baixas engloba dois recintos desportivos e uma grande área de estacionamento ao ar-livre.

#### 1.2.2 - Ligação eléctrica à rede - Postos de Seccionamento e Transformação (PST)

As instalações do ISEL são alimentadas pela rede de distribuição da EDP distribuição sendo consumidor de energia eléctrica em média tensão (MT). A rede de média tensão "entra" no espaço privado a poente para o PT1 e desce paralelamente à Rua Conselheiro Emídio Navarro até ao PT2.

O posto de seccionamento e transformação 1 (PT1) encontra-se inserido no edifício da década de 70 que está mais próximo da Av. da República da Bulgária. Este foi o primeiro e único posto de transformação do campus durante muito tempo. Com o aumento do parque imobiliário teve de ser instalado um segundo PT para conseguir alimentar todo o recinto. Ambos os PTs recebem a energia que chega a uma tensão de 10 KV e libertam-na já a uma tensão de 400 V em dois locais vedados e de acesso devidamente condicionado.



Fig. 6 e Fig. 7 - Postos de Transformação ISEL: PT1 e PT2  
 fonte 6: Imagens do autor

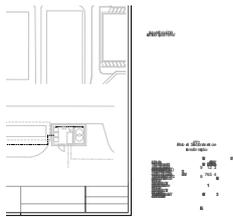


Fig. 8- Planta com esquema eléctrico  
 fonte 7: Imagem do Autor

O cabo de rede a 10 kV que entra no recinto do ISEL é dirigido para o edifício mais próximo. Neste local está o posto de seccionamento e transformação 1 que acopla dois compartimentos bem distintos. Um que abriga os transformadores de potência e celas em média tensão e outro que incorpora o quadro geral de baixa tensão, as baterias de condensadores e uma betoneira de emergência para corte geral.

O compartimento mais próximo da entrada recebe o cabo de média tensão que é derivado em dois cabos. Cada um destes condutores a 10 kV é dirigido para uma área que é condicionada a funcionários da RESP, neste caso da EDP distribuição. Esta parte do compartimento encontra-se vedada e tem um acesso exclusivo para os técnicos da EDP.

Linha MT da EDP  
distribuição a 10 kV

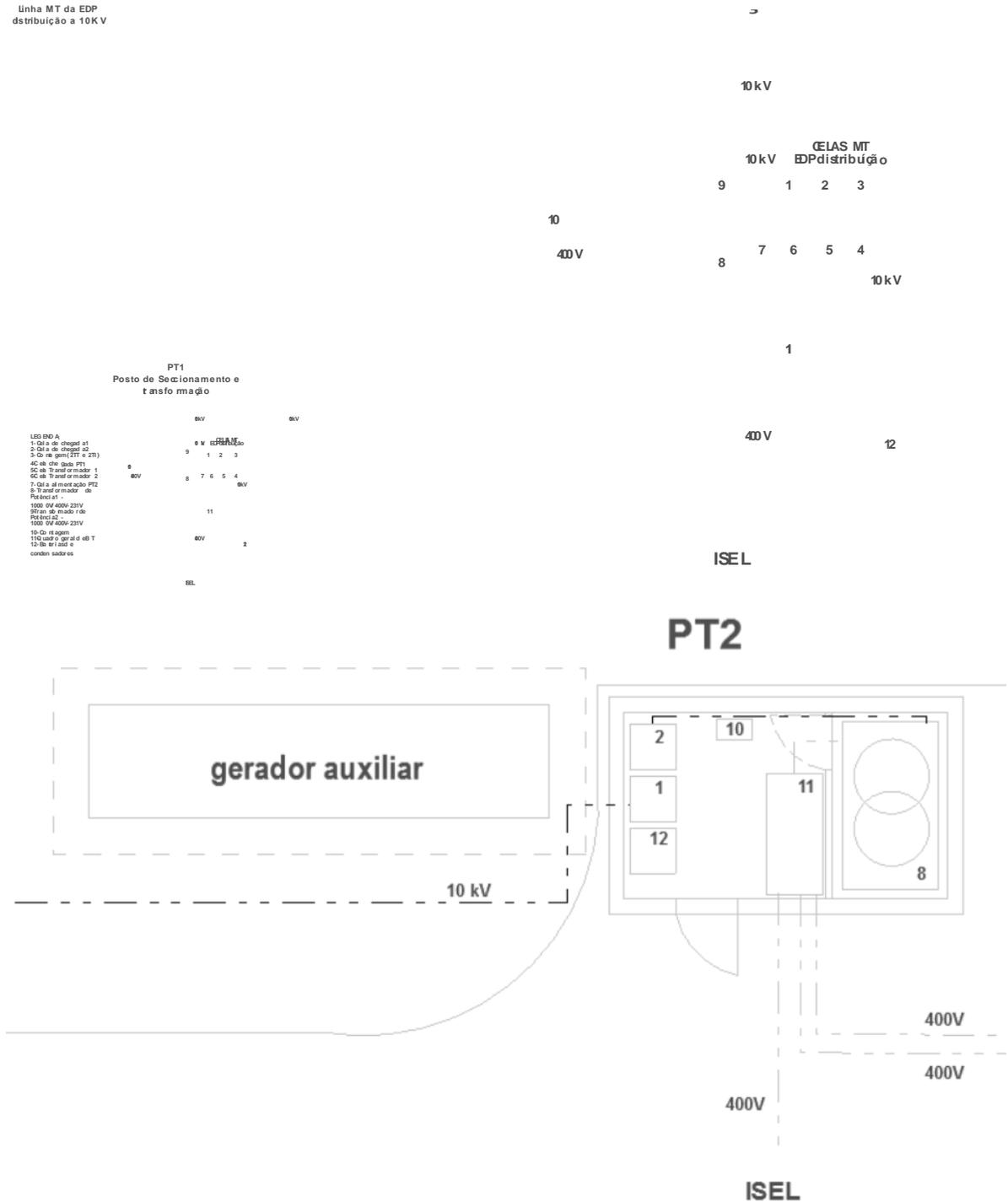


Fig. 9- Esquema eléctrico ISEL  
fonte 8: Imagem do Autor

Neste espaço isolado por uma vedação em rede estão instaladas as celas de chegada de cada um dos cabos e uma célula de contagem, todas ligadas por barramento aberto. Os cabos a MT são conduzidos deste espaço interdito ao técnico responsável pela rede eléctrica do ISEL para o "lado" da sua responsabilidade. Um é acoplado a uma cela de

alimentação do PT1, seguindo para outras 2 celas que correspondem aos 2 transformadores de potência que compõem o PT1.

O outro cabo atravessa todas estas celas que se encontram ligadas por barramento pelo interior e é ligado à cela de alimentação do PT2. Desta cela, o cabo em tensão de 10 kV vai para o PT2. No lado da responsabilidade do ISEL é colocado também um contador de modo a ser possível monitorizar a entrada de energia.

No PT1, o outro cabo é derivado em 3 condutores para cada Transformador de Potência (TP) trifásico. Cada um dos TP está vedado por gaiola de faraday de acesso restrito. Estes aparelhos vão transformar a tensão de 10 kV para os 400 V-230 V. À tensão de 400 V a energia é introduzida na rede de BT (baixa tensão) do ISEL. Porém antes do cabo levar a energia até aos locais do campus onde é consumida, o cabo em BT sai desta sala e vai unir-se ao quadro geral de baixa tensão (QGBT) que se encontra num compartimento adjacente.

É por este compartimento, que também conta com um armário de baterias de condensadores de 80 kVAR ligado ao QGBT, que é feito o acesso ao PT1 por todos os intervenientes devidamente autorizados a monitorizar ou efectuar manutenção da aparelhagem da Instituição de ensino superior. Por fim, é do QGBT que saem os cabos BT para as instalações do Instituto.

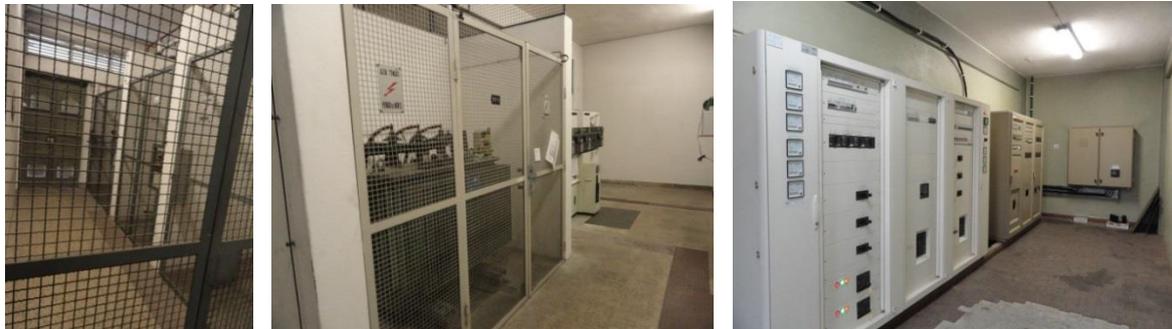


Fig. 10- PT1\_Esq para Dir: Celas EDP; Transformador de Potência e celas ISEL; Quadro Geral BT e baterias de condensadores  
fonte 9: Imagens do Autor

O PT2 localiza-se numa área mais central do campus. No seu interior também se encontra um transformador de potência de 10 kV/400 V-230 V. Neste caso, existe apenas um compartimento que num lado tem o TP devidamente vedado, enquanto no outro se encontram: a cela de chegada do cabo a 10 KV proveniente do PT1, a cela de alimentação do transformador, o contador de energia, o quadro geral de baixa tensão que recebe e gere a energia que abandona o transformador trifásico à tensão de 400 V e a envia para as restantes instalações do recinto, e o armário com baterias de condensadores para controlarem os níveis de energia reactiva.

Junto a este posto de transformação foi instalado um gerador de socorro que se encontra ligado a uma rede de socorro que só é accionado em caso de emergência por um período curto de tempo na eventualidade de problemas no abastecimento de energia. A energia gerada por esta máquina é dirigida exclusivamente para certos aparelhos fundamentais no ISEL, como servidores de dados.

Como salvaguarda, o Instituto dispõe de uma rede UPS (unidades de alimentação ininterruptas) que permite que certos dispositivos, como as arcas e os refrigeradores dos laboratórios de química, fiquem protegidos das interrupções de corrente eléctrica durante um curto espaço de tempo. As unidades de alimentação ininterrupta são alimentadas por conjuntos de baterias localizadas por debaixo da caixa de escadas adjacente ao Posto de Seccionamento 1.



Fig. 11-PT2\_ Esq para Dir: Celas;transformador de potência;QGBT;Baterias de condensadores  
fonte 10: Imagens do Autor

### 1.2.3 - Circulação rodoviária

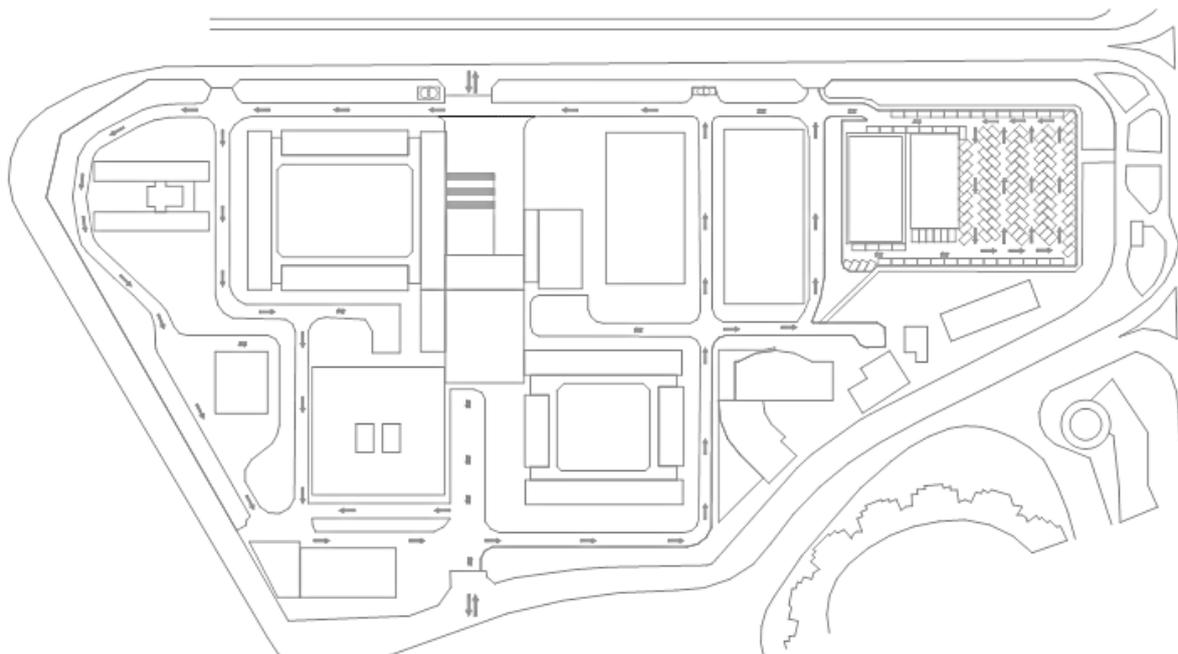


Fig. 12 - Planta de circulação rodoviária ISEL  
fonte 11: Imagem do Autor

A circulação rodoviária no campus é feita, na sua maior parte, por meio de vias de sentido único, o que ajuda muito a evitar conflitos e constrangimentos entre viaturas. Ao longo de todas as vias pavimentadas por betuminoso, que se encontra em bom estado, há estacionamento automóvel.

A circulação destinada a veículos motorizados é feita pela orla exterior do conjunto edificado deixando livre deixando o espaço mais central livre para os pedestres. Apesar de existir estacionamento que acompanha todo o percurso rodoviário, os alunos e funcionários da instituição podem contar com um grande parque de estacionamento junto à entrada-metro.

O acesso ao ISEL através de transporte motorizado é permitido tanto na entrada norte como na entrada sul. Em ambos os casos as suas dimensões são muito generosas e sem obstáculos visuais que dificultem a livre circulação de veículos que se cruzem em sentidos opostos. A distribuição de árvores que ladeiam a vedação limítrofe do campus originam preciosas sombras, que no período de verão protegem os veículos parqueados.

## 2 – Espaço de estacionamento do ISEL

As instalações do ISEL estão dotadas de um espaço reservado a estacionamento automóvel ao ar-livre com uma área de 3 545,8 m<sup>2</sup> praticamente plana. Esta área está a nascente do campus e tem uma configuração rectangular com 44m de largura por 59 de comprimento. Como é evidente, se multiplicarmos os dois valores obtemos 2 596m<sup>2</sup>, que é bem menor que a medida apresentada anteriormente. Isto ocorre porque a área restante está distribuída em torno de duas faixas que rodeiam os basrecintos desportivos. Portanto, o número menor corresponde a uma superfície rectangular livre de obstáculos.

É esta mesma superfície que apresenta uma óptima exposição solar apesar de estar inserida num espaço ladeado por árvores de grande porte. Contudo, estes elementos florestais estão suficientemente afastados para que a sua sombra não recaia sobre uma extensão significativa desta área.

No total, o local tem 139 lugares de 2,5m por 4,5m reservados a parqueamento. Dos 139 apenas 106 desses lugares estão compreendidos na área rectangular anteriormente referida, pois os restantes estão distribuídos ao longo do perímetro quer dos recintos desportivos quer dos acessos ao parque.

Tantos lugares são conseguidos pela redução do espaço das vias entre os espaços de estacionamento (2,25m) e pela redução do próprio espaço de imobilização da viatura que deve apresentar, idealmente, 2,75m de largura por 5m de comprimento de modo a facilitar as manobras e a permitir que a entrada e a saída dos automóveis se proceda de modo seguro e confortável. O espaço com a dimensão recomendada evita ainda muitos contactos acidentais entre veículos que se encontram estacionados lado a lado reduzindo a probabilidade de haver danos nos mesmos.



Fig. 13 e Fig. 14 - Fotos do parque de estacionamento do ISEL  
fonte 12: Imagens do Autor

O ISEL só permite o acesso a parqueamento interior segundo o pagamento de uma quantia anual. Os parqueamentos são monitorizados e vigiados por uma empresa de segurança devidamente credenciada, o que leva a que os proprietários das viaturas

fiquem descansados em relação à sua segurança e bens que se encontrem no seu interior.

Apesar do espaço apresentar bom piso e iluminação suficiente, devido à sua dimensão ele está bastante afastado dos principais edifícios onde são leccionadas as aulas. O que, em condições climatéricas adversas, quando há uma maior pressão sobre os lugares mais próximos aos edifícios, leva a que este lugar fique relegado para segundo plano, senão mesmo terceiro caso existam lugares de estacionamento exteriores ao recinto junto às entradas do ISEL.

Existem longos períodos de tempo ao longo do dia em que os parqueamentos aqui enunciados não estão a ser ocupados, sobrando uma grande área vazia. Normalmente, nas cidades, são projectadas grandes áreas intencionalmente não preenchidas para mediar locais de utilização permanente que acumulam ruído. Uma vez que este local do Instituto contém uma cortina arbórea que isola os compartimentos, onde são leccionadas as aulas, da rua, será válido manter tanta superfície ausente de equipamentos e actividades?

Com os incentivos à utilização dos transportes públicos e à mobilidade com recurso à bicicleta, ao mesmo tempo que o custo com os combustíveis fósseis tem uma tendência evidente para aumentar, será necessário manter o mesmo número de lugares de estacionamento?



Fig. 15 e Fig. 16 - Fotos do parque estacionamento do ISEL  
fonte 13: Imagens do Autor

### 3- Exposição solar:

#### 3.1 – Horas diárias ao longo do ano

Portugal é um país privilegiado no que diz respeito à exposição solar. A sua posição geográfica permite obter, em média, entre 2 200h a 3 000h de energia solar num ano, tornando-se num dos países da Europa com as condições mais favoráveis para recolher energia solar directa.

O número de horas anuais de exposição solar aumenta em direcção a sul (aproximação ao equador) e para oriente (interior do país). Apesar de Lisboa não ser a zona do país com maior capacidade de receber energia solar directa, é uma área com muitas horas de sol e com capacidade de captar imensa radiação reflectida. A densidade edificada e sobretudo a sua extensa frente ribeirinha são excelentes elementos reflectores dos raios solares, o que permite aumentar a capacidade produtora de electricidade por intermédio do efeito fotovoltaico.

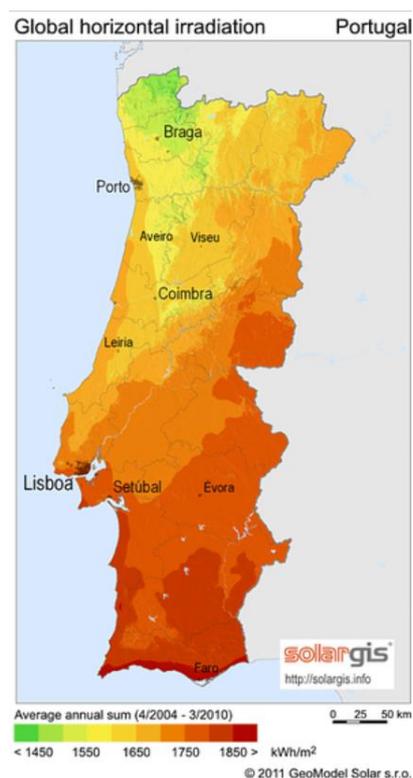
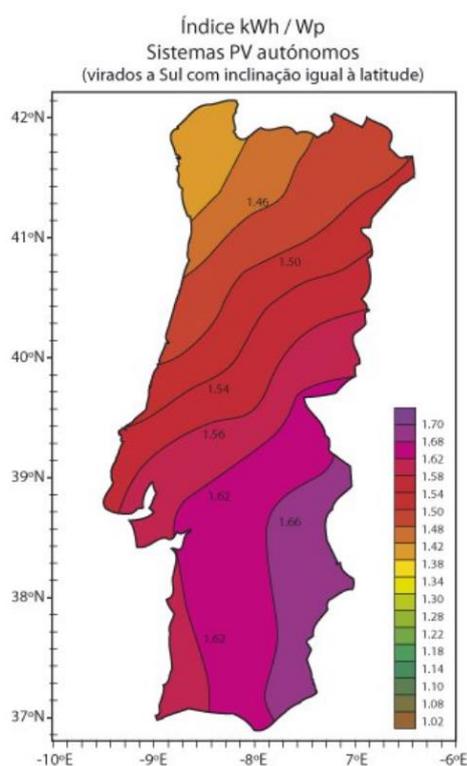


Fig. 17 – Índice de Energia pela potência instalada;

Fig. 18 – Radiação solar horizontal diária em Portugal Continental

fonte 14: Imagem retirada de [http://www.cidadesolar.pt/imagens/grandes/mapa\\_indice\\_kWh.jpg](http://www.cidadesolar.pt/imagens/grandes/mapa_indice_kWh.jpg)

fonte 15: Imagem retirada de [https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia\\_solar\\_em\\_Portugal](https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_solar_em_Portugal)

Não é, pois, surpresa que toda a literatura indique que há, de facto, um potencial de energia fotovoltaica muito interessante de norte a sul do país. Os valores apresentados nos trabalhos científicos e nas experiências de instalações já existentes sustentam o

desenvolvimento mais aprofundado de outros aspectos relevantes à instalação de módulos fotovoltaicos, como por exemplo a regulação da temperatura de operação ideal, a absorção da energia reflectida e difusa, utilizar uma maior banda do espectro da luz e a instalação de dispositivos de monitorização e previsão das condições atmosféricas locais.

### 3.2 – Orientação solar anual

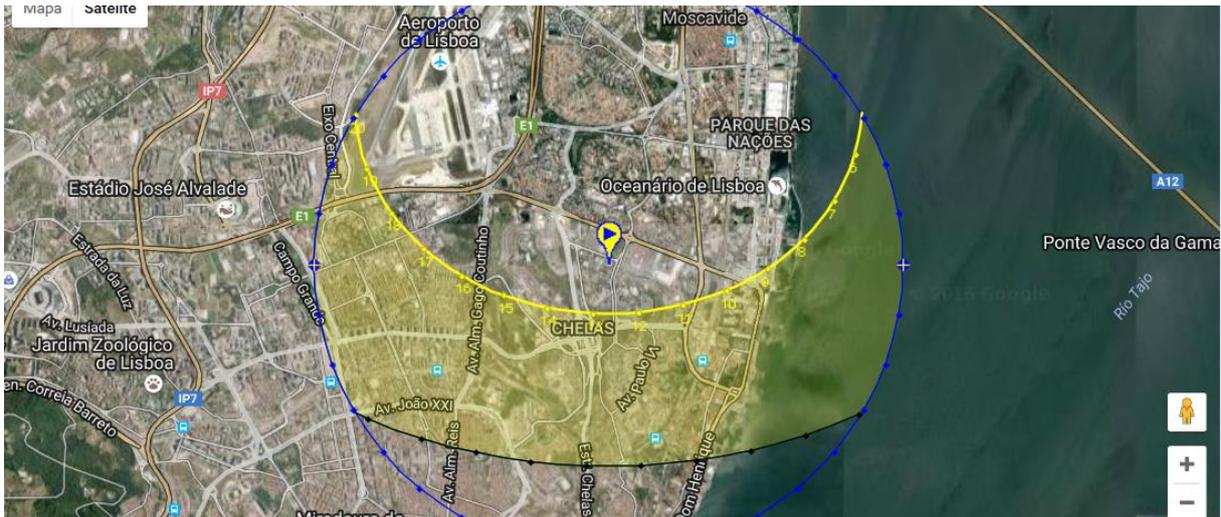


Fig. 19 - Variação da inclinação e azimute solar anual em relação ao campus do ISEL  
 fonte 16: imagem retirada de [http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=pt](http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=pt)

A figura 19 mostra a inclinação e azimute dos raios solares desde o solstício de Inverno (21 de Dezembro), momento do ano em que o tempo da noite é maior e o solstício de Verão (21 de Junho), altura do ano em que o dia é mais longo. Graficamente, podemos verificar que ao longo do ano, embora a orientação de uma superfície solar virada a sul seja a que recebe mais energia directa, se se acrescentarem áreas orientadas a este e a oeste é possível ganhar mais horas solares anuais. Estas horas que se conseguem a mais podem ser muito importantes para se produzir mais energia eléctrica durante o período de Inverno e para prolongar o horário da produção fotovoltaica no Verão.

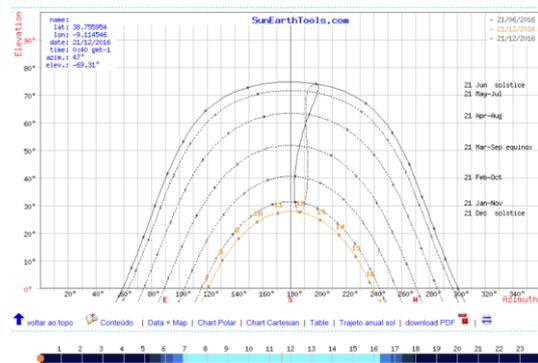


Fig. 20 - Inclinação raios solares e horas de luz solar para 21 de Jun ISEL; Fig. 21 - Inclinação raios solares e duração de luz solar para 21 de Dez ISEL  
 fonte 17: [http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=pt](http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=pt)  
 nota – as barras a azul indicam os períodos de exposição solar.

No período de Verão, a extensão do período de produção eléctrica renovável é capaz de evitar o recurso à rede ou ao armazenamento eléctrico em horas de ponta e cheia, em que há um maior *stress* sobre o sistema eléctrico nacional. Esse esforço da rede é normalmente efectuado entre as 17h e as 20h, o que leva a que o consumo de energia nesse horário seja muito mais dispendioso. Este aspecto ganha muito mais relevância no quadro da gestão de energia nacional, dado que permite evitar a importação de electricidade ou o consumo de combustíveis fósseis na produção de electricidade, dada a correlação negativa da fonte fotovoltaica com a eólica e a hídrica.

No panorama nacional, a diminuição deste “gap” entre o momento em que a energia eólica deixa de produzir electricidade (dado que o vento diminui de intensidade e é possível colmatar esse decréscimo energético com a entrada da energia solar no sistema) é uma mais-valia. O país sai beneficiado ao nível económico, pois permite diminuir o peso das importações, e ao nível ambiental, pois reduz significativamente a emissão de gases com efeito de estufa para a atmosfera.



Fig. 22- Dia 20 de Agosto de 2014 correlação de fontes renováveis de energia  
 fonte 18: REN- dados técnicos 2015

A figura seguinte espelha o desafio que se adivinha na rede entre as diferentes horas do dia. No exemplo de dia 7-1-2015, que ilustra um dia típico de consumo em anos não excessivamente húmidos, é evidente o impacto positivo que é possível obter pela produção de electricidade pela via fotovoltaica. O aumento da região amarela do gráfico pela modalidade do autoconsumo impede o recurso a fontes de energia mais dispendiosas como o carvão e o gás natural por parte dos comercializadores de energia.

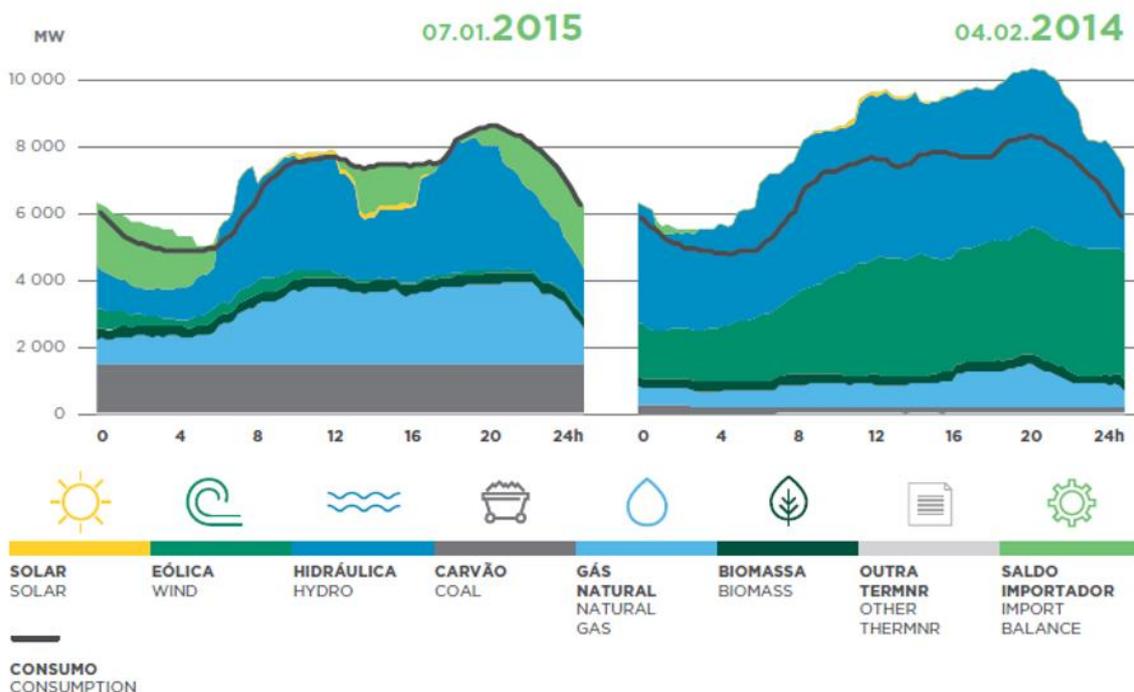


Fig. 23 – Diagrama da Ponta anual  
 fonte 19: REN-dados técnicos 2015

### 3.3 – Radiação solar estimada

Para determinar o radiação solar prevista para o local do parque de estacionamento do ISEL, recorreu-se à aplicação *opensource* "PVGIS" que está disponível em <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>. Como se trata de uma ferramenta disponível a todos, cuja coordenação está sob orientação do Instituto para a Energia e Transporte da Comissão Europeia, podemos obter dados fiáveis para o exercício em estudo. Uma vez que a aplicação carece de dados para ser mais precisa, sobretudo para determinar com exactidão valores para grandes instalações, é necessária alguma cautela a retirar conclusões relativas aos valores obtidos. Consideraram-se apenas os valores da radiação directa e a temperatura média horária.

Neste exercício, obtiveram-se os valores da radiação e da temperatura ambiente para cada mês do ano para três inclinações fixas diferentes em intervalos de 15 minutos. Utilizando a média aritmética determinou-se um valor que corresponde à radiação obtida em intervalos de 60 minutos. Primeiro recolheu-se a radiação dos 12 meses recebida numa superfície orientada a sul com 0° de inclinação. Depois procedeu-se ao mesmo exercício mas agora com uma inclinação fixa de 28° orientada a sul. Numa terceira alternativa fez-se o mesmo, mas utilizando uma inclinação de 48° (latitude Lisboa + 10°). Da informação recolhida chegou-se à conclusão que a energia potencial disponível nas coordenadas do ISEL é maior nos casos em que os painéis fotovoltaicos apresentam as inclinações de 28° e 48° .

Como é importante obter o maior tempo de luminosidade possível, pelas razões anteriormente mencionadas, recorreu-se novamente ao PVGIS e determinou-se os níveis de radiação mensais para as duas inclinações mais produtivas e ainda a 58°, simulando a orientação este/oeste. Utilizou-se o mesmo método que na etapa antecedente na forma de chegar aos valores apresentados na fig. 24.

De modo a haver uma correspondência exacta com as horas de exposição solar em Portugal foi necessário passar os valores da radiação uma hora para à frente no intervalo entre os meses de Abril e Outubro inclusive, uma vez que há um horário de Inverno e outro de Verão no nosso país. Deste modo, acertam-se os índices de radiação com a alteração horária que é feita a 27 de Março e a 30 de Outubro no caso de 2016.

Orientação a Sul (azimute=0º)	KWh/m2/ano
Inclinação = 0 graus fixo	60,24
Inclinação = 28 graus fixo	71,32
Inclinação = 48 graus fixo	69,32

Orientação a Este/Oeste (azimute= -90º e +90º)	KWh/m2/ano
Inclinação = 28 graus fixo	57,59
Inclinação =48 graus fixo	52,13
Inclinação =58 graus fixo	48,44

Fig. 24-Radiação anual nas coordenadas do ISEL

Embora se verifique uma quantidade menor de energia disponível na orientação este/oeste, quando comparada com a orientação sul, em cada uma das inclinações simuladas, a diferença da energia não é significativa na inclinação de 28° da orientação a este/oeste por confronto com a inclinação de 0° da orientação sul. Contudo, constata-se que com planos inclinados a 28°, na orientação a sul é estimado obter-se cerca de 71 320 Kwh/ m2/ ano, ao passo que na orientação este/oeste este valor decresce em cerca de 10 000 Kwh/m2, cifrando-se em 57 589 Kwh/m2/ano.

Se observarmos os quadros, os planos com mais inclinação recebem mais energia solar no período de Inverno pois a inclinação do sol nesse período em Portugal é menor. Todavia, ter uma superfície com demasiada inclinação reduz a área de exposição solar directa no Verão. Essa redução no período de Verão não compensa os ganhos do período de inverno, fazendo com que o balanço anual seja inferior face a superfícies com menores inclinações.

A construção de vários cenários permite antecipar o impacte de qualquer alteração quer na orientação quer na inclinação das superfícies expostas aos raios solares numa qualquer configuração volumétrica.

Não se investiu em calcular radiação em superfícies direccionais uma vez que tal recurso implica a utilização de motores que encarecem de forma exponencial qualquer instalação fotovoltaica, ainda que seja evidente que os ganhos de energia se situariam

na ordem dos 20%. Outro aspecto relacionado com o ângulo de inclinação dos módulos fotovoltaicos é a área de solo ocupada. Quanto maior for a inclinação, menor é a área de solo plano ocupada pela instalação, caso seja uma superfície fotovoltaica contínua. Caso se considerem fileiras colocadas à frente umas das outras, a área de solo ocupada aumenta devido à produção de regiões de sombra.

Os dados retirados da aplicação PVGIS indicam os valores médios da temperatura em cada hora do dia de cada mês do ano. Apesar de existirem outras fontes disponíveis *online* com dados desta natureza, tais como o IPMA, e que por regra apresentam valores da temperatura média superiores aos que constam na tabela, por uma questão de coerência metodológica optou-se por utilizar os valores do PVGIS (aplicação onde se obtiveram os parâmetros da radiação).

air temperature °C												
Hour	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	5,9	5,7	7,1	11,1	14,4	18,9	21,7	22,5	19,7	15,2	10,9	7,8
2	5,7	5,5	6,9	10,8	14,0	18,4	21,2	22,2	19,4	14,9	10,7	7,6
3	5,6	5,3	6,6	10,6	13,7	18,1	20,9	21,8	19,0	14,7	10,6	7,4
4	7,6	7,6	9,5	10,5	12,9	17,2	17,2	17,9	16,8	14,4	10,6	8,6
5	7,5	7,5	9,4	10,5	13,0	18,9	17,5	17,9	16,7	14,3	10,5	8,5
6	7,5	7,6	9,7	11,5	13,8	20,9	18,6	18,6	17,3	14,7	10,65	8,5
7	7,6	8,0	10,6	12,6	15,4	22,6	20,4	20,2	18,6	15,7	11,1	8,7
8	8,0	8,9	11,9	14,3	17,3	24,1	22,4	22,2	20,3	16,9	11,9	9,1
9	9,0	10,1	13,2	15,8	18,9	25,2	24,2	24,1	22,0	18,2	13,0	10,1
10	10,4	11,5	14,6	16,9	20,1	26,2	25,8	25,9	23,6	19,3	14,2	11,3
11	11,4	13,0	15,7	17,7	20,9	27,0	27,3	27,5	25,0	20,4	15,3	12,6
12	13,0	14,2	16,6	18,4	21,6	27,5	28,5	28,9	26,2	21,4	16,3	13,7
13	13,8	15,3	17,5	19,2	22,5	27,4	29,4	29,9	27,1	22,1	17,1	14,5
14	14,1	15,4	17,6	19,3	22,6	26,7	29,8	30,5	27,6	22,4	17,1	14,6
15	13,5	15,2	17,6	19,3	22,6	27,5	29,5	29,5	27,5	22,1	15,6	14,1
16	12,9	14,4	17,1	18,7	22,1	27,4	28,6	28,1	26,6	21,1	16,6	13,2
17	11,7	13,4	16,3	17,8	21,3	26,7	27,1	26,8	25,3	19,9	14,5	12,1
18	10,8	12,5	15,3	16,8	20,3	25,6	25,9	26,8	24,2	19,0	13,7	11,3
19	7,3	7,8	9,6	15,0	18,1	24,4	25,7	26,0	22,4	17,5	12,3	9,5
20	6,9	7,2	8,9	13,7	17,1	21,6	24,9	25,2	21,8	17,0	11,9	9,0
21	6,6	6,8	8,3	12,6	16,2	20,9	24,0	24,5	21,3	16,5	11,6	8,7
22	6,4	6,4	7,8	11,9	15,6	20,3	23,3	23,8	20,8	16,1	11,4	8,5
23	6,2	6,2	7,6	11,6	15,2	19,8	22,7	23,3	20,4	15,7	11,2	8,3
24	5,9	6,0	7,4	11,3	14,9	19,4	22,2	22,9	20,0	15,4	11,0	8,1

Fig. 25 - Temperatura média horária por mês

Fonte 20: dados obtidos de <http://photovoltaic-software.com/pvgis.php>

Por fim, é importante ter em conta que, com as alterações climáticas, tem vindo a verificar-se o aumento da temperatura média ao longo do ano. Não só os dias no Verão têm sido mais quentes, com tendência a aumentar de ano para ano, como no Inverno as temperaturas têm tendido a atingir valores mais baixos. O resultado é ter uma maior amplitude térmica ao longo do ano, em todo o território nacional, pelo menos nos próximos 10 anos.

Todos os valores da irradiância estão contemplados em situação de céu limpo, o que em Lisboa é uma situação que estatisticamente representa cerca de 70% dos dias do ano. É, portanto, previsível que a quantidade, de facto, de energia passível de ser

convertida em electricidade seja um pouco menor que os valores a determinar, pois pelo menos nos outros 30% dos dias o céu deve apresentar-se nebulado.

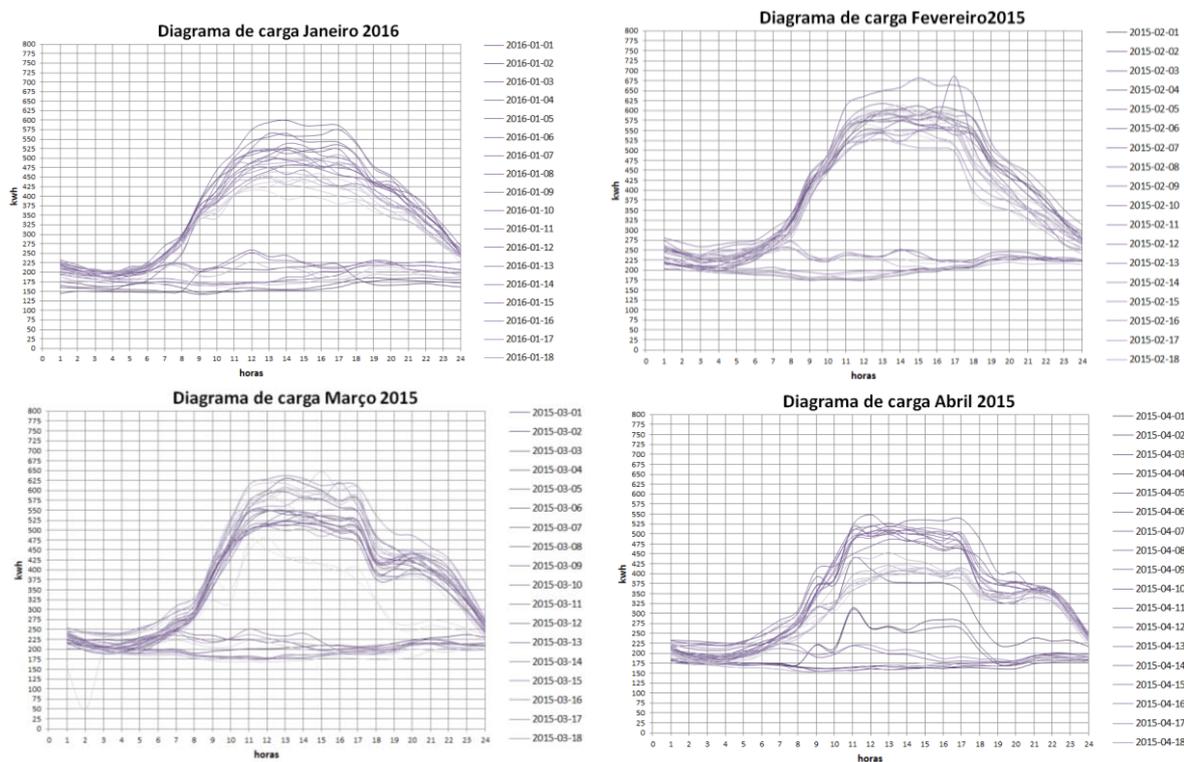
## 4 - Consumos diários do ISEL:

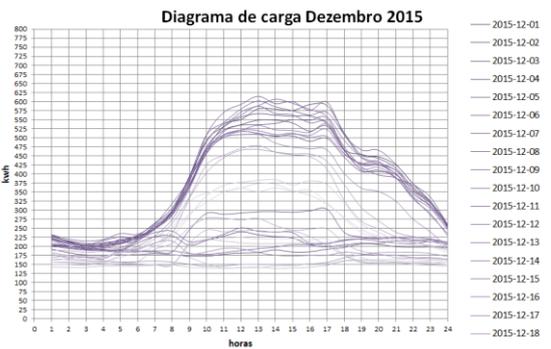
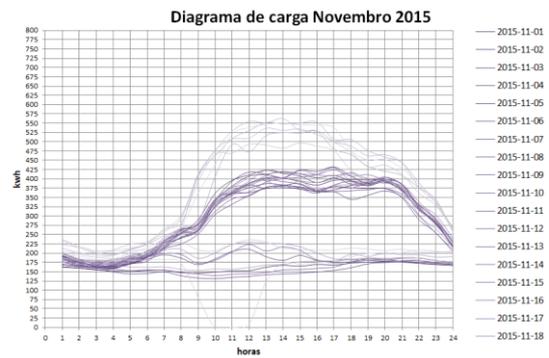
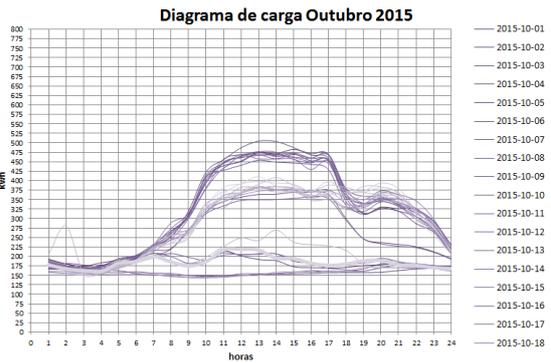
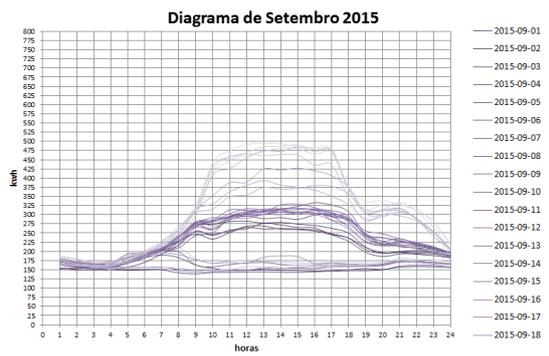
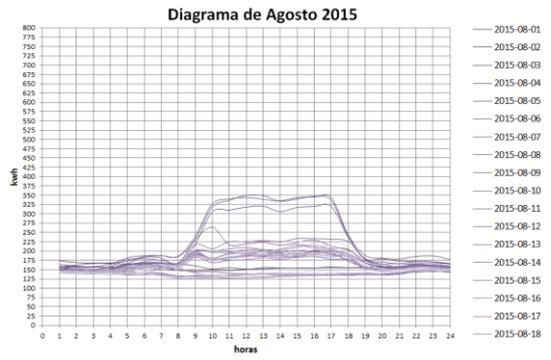
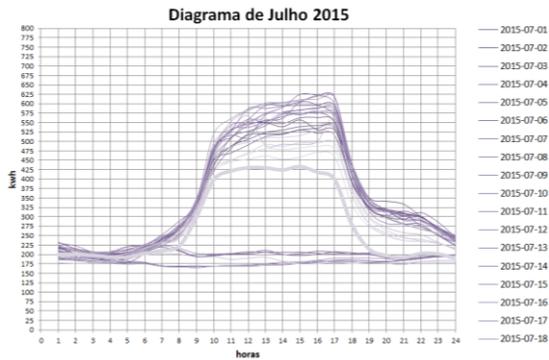
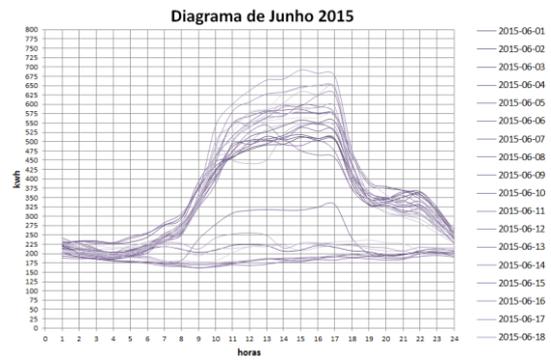
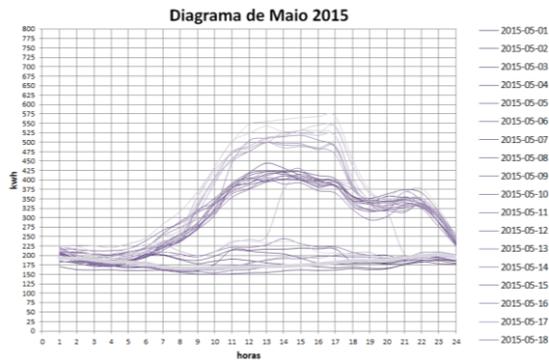
A implantação de uma instalação fotovoltaica que satisfaça o regime do autoconsumo deve cumprir duas grandes premissas: (i) ter uma capacidade instalada suficiente para satisfazer o valor mais baixo de utilização diária, especialmente nas alturas onde a energia é mais escassa ou dispendiosa e (ii) não produzir energia para além da que é consumida pelas diversas actividades de modo a evitar que esta seja introduzida na rede a uma tarifa muito inferior ao seu custo de produção.

O dimensionamento da instalação deve ser determinado em função dos consumos anuais do ISEL de modo a satisfazer as duas condicionantes referidas. Para tal, consultaram-se os diagramas de carga diários do campus, de modo a obter-se a potência mínima que é necessária ao funcionamento de todas as actividades e aparelhos dentro do recinto lectivo.

### 4.1 –Diagramas de carga

Recolheram-se todos os consumos diários em cada mês e gerou-se um gráfico que traduz em que alturas do dia o consumo é maior ou menor.





O padrão de consumo de energia eléctrica do ISEL ao longo do ano não varia muito. Os gráficos demonstram que as cargas de verão e inverno são muito semelhantes. Onde é notória uma redução de consumo é nos meses em que há férias lectivas, nomeadamente nos meses de Agosto e Setembro. No caso dos meses de maio e novembro é intrigante que o consumo também tenha uma queda em relação aos outros meses.

Para determinar o número de potência a instalar é usual verificar-se qual o menor valor da energia registado durante o horário de exposição solar. Dessa forma garante-se que nunca se injecta energia na rede enquanto se alimentam os serviços mínimos ao menor custo. Neste caso, a potência a instalar seria cerca de 125 kWp, valor registado no mês de Agosto, que corresponde ao período de férias e em que quase todos os serviços se encontram encerrados.

#### 4.2 – Estimativa de potência a instalar

O método acima descrito não é o mais eficiente, visto que não faz um balanço sobre o consumo anual. Para se tentar saber com mais profundidade o padrão de consumo das instalações, de modo a aferir um valor que seja mais proveitoso do ponto vista energético, recorreu-se a métodos probabilísticos simples.

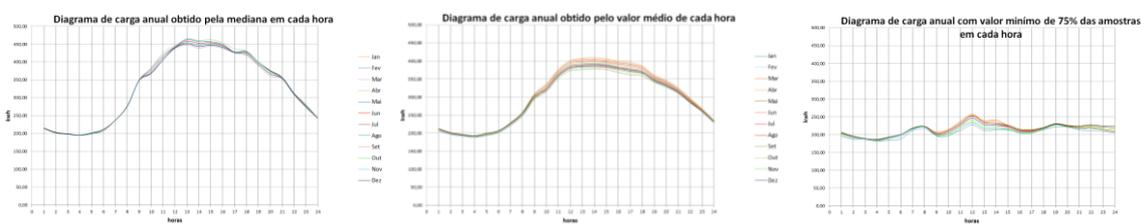


Fig. 26 - Diagramas de carga horários

Após determinar a mediana, o valor médio e o 3º quartil da energia consumida pelo ISEL em cada hora do dia, focou-se o intervalo horário entre as 7h e as 17h para encontrar um valor cujo saldo anual fosse o menor possível entre energia produzida e consumida. Assim, assumiu-se que a potência a instalar deveria ser de 175 kWp, embora o valor mais baixo de energia fosse igual ou superior a 180 kWh em 75% dos dias do ano. Este intervalo de 5 kWp foi atribuído para ter a certeza que seria injectado na rede o mínimo da energia produzida por painéis fotovoltaicos. Tudo visto, se se reforçar a potência instalada, os ganhos de energia anual ultrapassarão largamente a despesa originada por algumas horas do ano, cuja energia residual gerada poderá ser injectada na rede.

#### 4.3 – Consumo de energia eléctrica anual

Definida a potência a instalar, seguiu-se a aferição da energia consumida em média pelo campus durante o período de um ano. Realizou-se a média da energia diária de cada hora mensal. Posteriormente, todos os resultados mensais foram compilados numa tabela encontrando-se o consumo médio total de cada mês e o valor médio de energia eléctrica consumida nas instalações da instituição durante um ano. O mês de Fevereiro revelou-se como o mais económico, pois é o mais curto. Percebe-se que o consumo médio mensal é muito uniforme, rondando em todos os casos os 220 000 kWh/mês. Anualmente, o ISEL para satisfazer as suas necessidades energéticas necessita de aproximadamente 2 610 MWh.

Diagrama de carga mensal ISEL com valor obtido pela média												
Hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	205,76	207,79	209,43	210,99	212,33	212,25	211,58	211,13	210,47	210,19	210,95	211,44
2	196,04	197,56	198,91	200,26	201,34	201,41	200,90	200,41	199,86	199,64	200,19	200,54
3	191,35	192,74	194,02	195,21	196,35	196,19	195,76	195,38	195,09	194,81	195,38	195,54
4	188,04	189,34	190,56	191,79	192,83	192,68	192,30	191,97	191,80	191,70	192,40	192,90
5	193,19	194,68	195,56	197,02	198,13	198,41	198,07	197,76	197,59	197,65	198,76	199,18
6	200,67	202,46	203,57	205,36	206,35	206,34	205,57	205,10	204,68	204,75	206,25	206,61
7	221,01	223,47	225,36	228,04	228,58	228,15	226,49	225,58	224,51	224,69	227,02	226,79
8	247,35	250,56	253,70	257,44	257,73	256,88	255,12	253,43	251,47	252,74	256,60	254,93
9	294,90	298,08	303,30	309,06	307,33	304,30	300,94	297,55	294,25	298,14	304,44	302,11
10	320,54	324,14	330,16	336,77	333,86	329,56	323,96	318,95	314,72	319,20	326,45	320,96
11	357,14	362,08	369,44	377,01	373,91	370,01	364,18	358,42	352,66	357,77	366,76	360,33
12	379,11	384,83	392,84	401,17	397,90	392,95	385,67	379,11	373,17	378,38	388,11	382,08
13	384,94	390,88	399,08	407,76	404,02	397,83	389,96	383,03	376,92	383,08	392,98	386,53
14	386,78	392,56	400,84	409,61	405,22	399,30	391,28	384,04	378,48	384,57	394,35	387,96
15	383,96	389,61	397,78	406,38	402,26	396,26	388,67	382,20	376,22	383,14	392,73	386,90
16	378,98	384,28	392,16	400,31	395,96	389,58	381,70	374,96	368,34	375,47	384,49	379,76
17	375,81	380,98	388,56	396,29	391,56	384,49	376,44	369,55	362,35	369,26	377,63	372,40
18	366,46	372,51	379,40	386,44	383,15	377,21	370,64	364,86	358,73	365,00	372,23	367,64
19	343,28	349,13	355,06	361,09	358,46	353,81	349,01	344,84	341,03	346,02	352,11	347,80
20	329,85	335,31	340,63	346,25	343,79	339,55	335,21	331,66	327,79	332,33	337,68	332,63
21	311,10	315,85	320,58	325,44	323,01	319,56	316,81	313,00	310,30	314,98	319,64	315,20
22	285,09	288,90	292,77	296,61	294,56	291,61	289,37	285,72	283,50	287,16	290,48	287,43
23	258,89	261,99	264,99	267,98	266,40	264,21	262,42	260,46	259,16	261,86	264,19	262,11
24	228,02	230,25	232,26	234,08	233,68	232,31	231,63	230,64	230,09	231,60	232,77	232,16
carga diária( Kwh)	7028,28	7119,97	7230,96	7348,33	7308,71	7234,84	7143,68	7059,74	6983,18	7064,13	7184,58	7111,90
nº dias	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00
carga mensal= (Kwh)	217876,75	199359,07	224159,66	220449,91	226570,10	217045,10	221454,08	218851,93	209495,54	218987,88	215537,50	220468,90
Carga Anual (MWh)	2610,26											

Fig. 27-Tabela do valor médio horário de cada mês

fonte 21: dados obtidos através de diagramas de carga gentilmente cedidos pelo ISEL

## 5 – Equipamentos fotovoltaicos:

A instalação de um equipamento fotovoltaico depende dos fenómenos climatéricos, do dimensionamento do nível de energia a suprimir e da eficiência e especificidades dos equipamentos utilizados. Encontrar o equipamento mais adequado ao local ou eficiente é uma tarefa que, apesar de não se adivinhar problemática ou complicada, não dispensa algum estudo. Para o campus do ISEL simulou-se a utilização vários equipamentos distintos, avaliando o seu desempenho em função de aspectos como: área ocupada, preço por Wp, facilidade construtiva, disponibilidade, resistência, manutenção, longevidade, desempenho eléctrico.

### 5.1 – Módulos fotovoltaicos

Dada a variedade de soluções disponibilizadas no mercado seleccionaram-se oito módulos de marcas e tecnologias diferentes. Os respectivos catálogos dos equipamentos apresentados encontram-se em anexo. A tecnologia mais usual para este tipo de instalações consiste em módulos de células fotovoltaicas policristalinas. Seleccionaram-se dois modelos que pareciam reunir a melhor relação potência/preço e que fossem recentes.

-Luxor Ecoline P 60/250 Wp (policristalino)

Luxor		Ecoline P 60/250 Wp(poly)			
Características do módulo de 250W		Parâmetros constantes			
Tensão no ponto de potência máximo	30,75 V	VT=	0,0257163	Gr (W/m <sup>2</sup> )	1000
Corrente no ponto de potência máximo	8,14 A	m=	86,49776969	k	1,38E-23
Tensão de circuito aberto	37,31 V	m'=	1,441629495	Tr (K)	298,16
Corrente de curto circuito	8,59 A	I0=		q	1,6E-19
número de células	60	I <sub>0</sub> <sup>r</sup>	4,46224E-07	ε (V)	1,12
temperatura normal de funcionamento(NOCT)	45 °C	largura=	0,99	Peso[Kg]	18,7
Eficiencia	15,38 %	comprimento=	1,64	preço €/un	189,9
Campo de operação[ °C]	-40,85	A[m <sup>2</sup> ]=	1,62		
nº de paineis =	700	A 175 kwp[m <sup>2</sup> ]=	1136,52		
η do sistema(ηpv*ηcc*ηinv*ηdist)=90%	0,9	P[kwp]=	0,25		
Power tem coef [%/°C]=	-0,45	Volt Temp Coef [mV/°C]=	-0,32	Current temp Coef [mA/°C]=	0,05

- Rec Solar TwinPeak REC280TP BLK (policristalino)

Rec Solar		TwinPeak REC280TP BLK			
Características do módulo de 280W		Parâmetros constantes			
Vmax	31,9 V	VT=	0,0257163	Gr (W/m <sup>2</sup> )	1000
Imax	8,78 A	m=	106,697877	k	1,38E-23
Vca	39,2 V	m'=	0,889148975	Tr (K)	298,16
Icc	9,44 A	I0=	2,9341E-06	q	1,6E-19
nº células	120	I <sub>0</sub> <sup>r</sup>	5,89497E-06	ε (V)	1,12
NOCT	44,6 °C	largura=	0,99	Peso {kg}	18
Eficiencia	17 %	comprime	1,66	preço €/un	245
Campo de operação[ °C]	-40,85	A[m <sup>2</sup> ]=	1,64		
nº de paineis =	625	A 175 kwp	1027		
η do sistema	0,9	P[kwp]=	0,28		
cT Pmpp [%/°K]=	-0,39	cT Voc [V/k]=	-0,122	cT Isc [%/k]=	0,04

O tipo de painéis mais eficiente é o que se composto por células de cristais de silício mais puros. A esta tecnologia denominamos módulos monocristalinos. Por norma são os mais dispendiosos dado o processo de manufatura dos lingotes de cristais purificados. Para estudo optou-se pelos seguintes painéis:

- LG MonoX Neon 300 Wp (monocristalino)

LG		MonoX Neon 300 Wp			
Características do módulo de 300W		Parâmetros constantes			
Vmax	32,5 V	VTr=	0,0257163	Gr (W/m2)	1000
Imax	9,26 A	m=	90,516791	k	1,38E-23
Vca	39,7 V	m'=	1,5086132	Tr (K)	298,16
Icc	9,7 A	I0=	2,934E-06	q	1,6E-19
nº células	60	I0'	3,801E-07	ε (V)	1,12
NOCT	46 °C	larg=	1	Peso [kg]	17
Eficiencia	18,3 %	comp=	1,64	preço €/un	320
Campo de operação[	-40,85	A[m2]=	1,68		
nº de paineis =	583	A175 kwp[m2]=	978,06		
η do sistema	0,9	P[kwp]=	0,3		

- Luxor SECURE LINE M60 270W (monocristalino)

Luxor		SECURE LINE M60/250 – 270W			
Características do módulo de 270W		Parâmetros constantes			
Tensão no ponto de potência máximo	31,39 V	VT=	0,0257163	Gr (W/m2)	1000
Corrente no ponto de potência máximo	8,49 A	m=	116,2413067	k	1,38E-23
Tensão de circuito aberto	38,72 V	m'=	1,937355112	Tr (K)	298,16
Corrente de curto circuito	9,29 A	I0=	2,9341E-06	q	1,6E-19
número de células	60	I0'	2,20116E-05	ε (V)	1,12
temperatura normal de funcionamento(NOCT)	43 °C	largura=	1	peso [kg]	23
Eficiencia	16,05 %	comprimento=	1,682	preço €/ur	283
Campo de operação[ °C]	-40,85	A[m2]=	1,68		
nº de paineis =	648	A 175 kwp[m2]=	1090,2		
η do sistema(ηpv*ηcc*ηinv*ηdist)=90%	0,9	P[kwp]=	0,27		
Power tem coef [%/°C]=	-0,39	Volt Temp Coef [mV/°C]=	-0,31	Current temp Coef [mA/°C]=	0,05

As tecnologias de módulos de *thin film* têm apresentado um crescimento notável nos tempos mais recentes. Este tipo de módulos embora menos dispendioso apresentava rendimentos muito baixos em relação ao de silício.

Hoje, porém, há soluções *thin film* que já conseguem apresentar rendimentos muito próximos tanto dos de células policristalinas, como monocristalinas. A grande vantagem deste tipo de painéis é apresentar melhor performance perante sombreamentos e maior variedade de formas e dimensões de cada painel. Dentro da categoria de *thin film* existem várias tecnologias disponíveis. Escolheram-se os seguintes para se simular a instalação pretendida:

- Antec ATF-70 (telureto de cádmio, CdTe)<sup>1</sup>

ANTEC		ATF-70			
Características do mód de 70W		Parâmetros constantes			
Vmax	71 V	VTr=	0,0257163	Gr (W/m2)	1000
I <sub>max</sub>	1,02 A	m=	551,3052137	k	1,38E-23
Vca	95 V	m'=	4,632816922	Tr (K)	298,16
I <sub>cc</sub>	1,25 A	I <sub>0</sub> =	2,93E-06	q	1,6E-19
nº células	119	I <sub>0</sub> <sup>r</sup>	0,001539389	ε (V)	1,45
NOCT	46 °C	larg=	0,6	Peso[Kg]	13
Eficiencia	9,72 %	comp=	1,2	preço €/Wp	0,65
Campo de operação[ °C]	-40,85	A[m2]=	0,72		
nº de paineis =	2500	A175 kwp[m2]=	1800,00		
η do sistema	0,9	P[kwp]=	0,07		
cT Ics (%/°C) =	0,08 (%/°C)	cT Voc (%/°C) =	-0,25	cT Pmpp (%/°C) =	-0,18

- Calyxo CX3-85 (telureto de cádmio, CdTe)

Calyxo		CX3-85			
Características do mód de 85W		Parâmetros constantes			
Vmax	45,2 V	VTr=	0,025716 V	Gr (W/m2)	1000
I <sub>max</sub>	1,89 A	m=	281,0531 A	k	1,38E-23
Vca	60 V	m'=	1,801623 V	Tr (K)	298,16
I <sub>cc</sub>	2,17 A	I <sub>0</sub> =	A	q	1,6E-19
nº células	156	I <sub>0</sub> <sup>r</sup>	0,000539	ε (V)	1,45
NOCT	45 °C	larg=	0,6 m	Peso[Kg]	12
Eficiencia	11,81 %	comp=	1,2 m	preço (€/Wp) =	0,65
Campo de operação[ °C]	-40,85	A[m2]=	0,72 m2		
nº de paineis =	2059	A175 kwp[m2]=	1482,35 m2		
η do sistema	0,9	P[kwp]=	0,085 kwp		
cT Ics (%/K) =	0,02 (%/K)	cT Voc (%/K) =	-176,6 (%/K)	cT Pmpp (%/K) =	-0,25

- Solibro G2,0 SL2 135wp (Copper indium gallium selenide, CIGS)<sup>2</sup>

Solibro		SL2			
Características do mód de 135W		Parâmetros constantes			
Vmax	82,8 V	VTr=	0,025716 V	Gr (W/m2)	1000
I <sub>max</sub>	1,63 A	m=	303,4733 A	k	1,38E-23
Vca	102,6 V	m'=	2,023155 V	Tr (K)	298,16
I <sub>cc</sub>	1,77 A	I <sub>0</sub> =	2,93E-06 A	q	1,6E-19
nº células	150	I <sub>0</sub> <sup>r</sup>	3,45E-06	ε (V)	1,1
NOCT	51 °C	larg=	0,79 m	Peso[Kg]	16,5
Eficiencia	14,21 %	comp=	1,2 m	preço (€/Wp) =	0,53
Campo de operação[ °C]	-40,85	A[m2]=	0,95 m2		
nº de paineis =	1296	A175 kwp[m2]=	1228,89 m2		
η do sistema	0,9	P[kwp]=	0,135 kwp		
cT Ics (%/K) =	0,02	cT Voc (%/K) =	-0,29	cT Pmpp (%/K) =	-0,37

<sup>1</sup> O valor do *bandgap* do CdTe foi recolhido em: <http://www.energy.gov/eere/sunshot/cadmium-telluride>

<sup>2</sup> *Bandgap* do CIGS retirado das seguintes fontes: <http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/51559.pdf>; Häberlin, Heinrich :Photovoltaics System Design and Practice(2012).John Wiley & sons, Ida, West Sussex, United Kingdom

- Avencis powermax 3.5 140 (Copper indium selenide, CIS)<sup>3</sup>

Avencis		powermax 3.5 140			
Características do mód de 140W		Parâmetros constantes			
Vmax	46,1 V	VTr=	0,025716 V	Gr (W/m2)	1000
Imax	3,04 A	m=	226,5636 A	k	1,38E-23
Vca	59,8 V	m' =	2,178496 V	Tr (K)	298,16
Icc	3,36 A	I0=	2,93E-06 A	q	1,6E-19
nº células	104	I <sub>0</sub> <sup>r</sup>	2,93E-06	ε (V)	1,04
NOCT	40 °C	larg=	0,65 m	Peso[Kg]	17
Eficiencia	13,30 %	comp=	1,6 m	preço (€/Wp) =	0,51
Campo de operação[ °C]	-40,85	A[m2]=	1,04 m2		
nº de paineis =	1250	A175 kwp[m2]=	1300,00 m2		
η do sistema	0,9	P[kwp]=	0,14 kwp		
cT Ics (mA/°c) =	0,00 (mA/°c)	cT Voc (mV/°c) =	-170 (mV/°C)	cT Pmpp (%/°C) =	-0,39

## 5.2 – Rendimento dos módulos

Reunindo os dados da irradiância, da radiação e da temperatura do ar do local ao longo do dia determina-se a energia produzida por cada painel através dos dados fornecidos pelo fabricante. Todos os módulos são certificados por entidades na EU o que garante o mesmo controle de qualidade.

Em todos os exemplos testou-se o rendimento de cada módulo em três cenários diferentes: 0° orientado a sul, 28° orientado a sul e 28° orientado a este/oeste. Encontrada a energia por cada módulo basta determinar a energia produzida por uma instalação de 175 kWp durante um ano assumindo que as perdas no sistema para transformar a corrente contínua em corrente alternada são de 10%.

Tabela 1- Produção energética anual da instalação predimensionada em 175 kWp

Módulos	Energia PV Inclinação = 0° Orientação: Sul [MWh/ano]	Energia PV Inclinação = 28° Orientação: Sul [MWh/ano]	Energia PV Inclinação = 28° Orientação: E/O [MWh/ano]
LG MonoX Neon 300 Wp	243,51	288,32	232,19
Luxor Ecoline P 60/250 Wp(poly)	242,70	287,44	231,40
Luxor SECURE LINE M60 270W	237,63	283,04	226,65
Rec Solar TwinPeak REC280TP BLK	212,78	250,01	202,09
Antec ATF-70	214,53	259,79	204,61
Calyxo CX3-85	227,75	270,12	174,89
Solibro G2,0 SL2 135wp	224,51	274,09	220,57
Avencis powermax 3.5 140	227,22	271,03	220,60

nota: 1 as folhas de cálculo que determinam os resultados apresentados constam em apêndice

<sup>3</sup> O valor atribuído ao *bandgap* consta dos seguintes artigos: <http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/51559.pdf>; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4864869/>; Häberlin, Heinrich :Photovoltaics System Design and Practice(2012).John Wiley & sons, Ida, West Sussex, United Kingdom

Não se equacionou o rendimento dos módulos numa inclinação a 48° ou superior, dado que a sua colocação numa dessas posições iria sempre dar origem a uma área de cobertura reduzida, não obstante os bons resultados ao nível de radiação solar.

### 5.3 – Avaliação preliminar das soluções fotovoltaicas

A escolha de um sistema solar de produção de electricidade não é feita apenas com base no rendimento efectivo de um determinado painel. O custo do painel apresenta um aspecto muito importante para a decisão de se utilizar um determinado modelo, pois este pode apresentar um óptimo desempenho e ainda assim não ser economicamente viável porque o seu custo ultrapassa a sua capacidade produtiva.

A finalidade da energia produzida é um outro factor determinante para a selecção de uma solução tecnológica. Contando com um conjunto de informações e matéria de análise relevante foi desenhado um quadro que de forma evidente permite comparar as várias soluções estudadas.

Os aspectos que se consideraram relevantes nesta fase foram: o preço do equipamento, a energia eléctrica produzida pelos módulos com inclinação mais favorável entre 30 de Outubro e 27 de Março (horário de Inverno), a energia eléctrica produzida pela colocação de painéis orientados para uma maior produção entre 27 de Março a 30 de Outubro (horário de verão), a poupança acumulada no horário de Verão e Inverno, a área ocupada pelo sistema e o peso total do sistema.

Os valores são referentes a uma instalação com 175 kWp de potência instalada. Considerou-se como valor da energia 0,1074 €/kWh (preço referência para fornecimento de energia em média tensão recolhido em EDP serviço Universal) para todas as soluções de maneira a ter uma perspectiva mais precisa do volume de capitais em análise. Na hipótese de não se considerar somas monetárias, a simples avaliação da quantidade de energia gerada poderia produzir um julgamento errado em relação a uma primeira estimativa de retorno de investimento.

Uma instalação com a potência instalada na ordem dos 200 kWp implica automaticamente a ocupação de uma grande área. É necessário ter a certeza de que se dispõe do espaço necessário para albergar todos os equipamentos indispensáveis à geração de energia eléctrica. Em muitas circunstâncias o preço de construção é o custo mais significativo no desenvolvimento de um projecto desta dimensão. O preço de construção é, na vasta maioria das vezes, apresentado em euros/m<sup>2</sup>, pelo que é fundamental saber a área de ocupada pelos painéis já que o custo de edificação é depende da área de implantação e volumetria das estruturas.

Na última linha da tabela 2 está representada a melhor solução em cada um dos aspectos em avaliação. Os módulos menos dispendiosos são os da Avencis enquanto os módulos monocristalinos da LG são os mais eficientes no horário de Inverno. No horário de Verão os produtos da LG são os que apresentam melhor rendimento e

poupança. São novamente os módulos monocristalinos da LG que são os mais leves e que ocupam menos área de instalação porque cada um tem uma potência muito superior às outras soluções apresentadas. Também são estes os painéis mais dispendiosos, custando, sensivelmente, o dobro do valor da solução mais económica, quando não produzem à mesma razão electricidade, ou seja, o dobro desta.

Tabela 2-Quadro comparativo de soluções fotovoltaicas

Módulos	preço [€]	E-Inverno [MWh]	E-Verão [MWh]	Poup verão [€]	Poup inverno [€]	Area 175kwp [m2]	Peso total [kg]
LG MonoX Neon 300 Wp	186667	232,2	288,3	31076,9	25049,0	978,1	9911
Luxor Ecoline P 60/250 Wp(poly)	132930	231,4	287,4	30983,0	24963,5	1136,5	13090
Luxor SECURE LINE M60 270W	183426	226,7	283,0	30509,9	24454,1	1090,2	14904
Rec Solar TwinPeak REC280TP BLK	153125	202,1	250,0	26962,7	21816,4	1027,1	11250
Antec ATF-70	113750	204,6	259,8	28013,4	22086,6	1800,0	32500
Calyxo CX3-85	113750	174,9	270,1	29122,6	18894,8	1482,4	24708
Solibro G2,0 SL2 135wp	92750	220,6	274,1	29548,9	23801,2	1228,9	21384
Avencis powermax 3.5 140	89250	203,3	254,3	27420,2	21944,5	1300,0	21250
melhor indicador	89250	232,2	288,3	31076,9	25049,0	978,1	9911

Claramente os módulos *thin film* são muito mais económicos que os restantes sendo que a diferença mínima entre o modelo mais caro desta tecnologia e o mais barato das restantes é de quase 20 000€. A respectiva diferença de valor de poupança anual entre estes dois modelos é de 3 000€ sendo mais rentável o módulo policristalino da Luxor.

Embora os modelos em células de silício sejam bem mais dispendiosos, o seu rendimento anual não é muito maior que os *thin film*. Quer isto dizer que a diferença de desempenho não é significativa para o preço actual da energia e para a escala deste empreendimento.

Como os módulos do tipo *Thin film* apresentam valores de eficiência menores necessitam de mais área de aplicação por Wp instalado. Neste aspecto, a solução da Antec afasta-se muito do valor médio de superfície a ocupar para a instalação dos restantes exemplos. Seriam necessários 1 800m<sup>2</sup> de superfície para a instalação de 175 kWp em módulos ATF-70 face aos 1 137m<sup>2</sup> dos Luxor Ecoline.

Não obstante o facto de as células fotovoltaicas em telureto de cádmio e CIGS serem muito mais leves que as em silício policristalino e monocristalino, a tabela acima demonstra que estes painéis são bem mais leves que os em *Thin film*. Tal facto fica a dever-se à circunstância de os módulos da Antec, Calyxo, Solibro e Avencis aqui estudados serem encapsulados entre dois vidros.

Verificando os dados descritos no quadro, os sistemas baseados em tecnologia de silício não se apresentam como os mais interessantes do ponto de vista económico face aos outros painéis solares.

Segundo a análise dos resultados expressados na tabela 2 deduz-se com alguma facilidade que os painéis da Solibro são os que reúnem as condições mais atractivas. O seu custo é a segunda hipótese menos dispendiosa, produzindo mais energia que qualquer das soluções com tecnologia semelhante. Já em situações em que o módulo se encontra deitado só os CX-3 da Calyxo são os *thin film* mais produtivos por uma margem residual de energia. A superfície necessária para colmatar as necessidades de autoconsumo do ISEL é de, aproximadamente, 1 300m<sup>2</sup>.

## 6 – Proposta Arquitectónica

### 6.1 – Arquitectura

O que é Arquitectura? Qual o território da Arquitectura? Como se reconhece a Arquitectura? Todas estas questões são aparentemente muito simples e as respostas parecem surgir imediatamente no momento em que são formuladas. O maior desafio para a Arquitectura é evitar que estas respostas preconcebidas sejam assumidas como “inequívocas” ou “óbvias”.

Para enquadrar quem não teve um contacto frequente ou próximo com obras arquitectónicas, pode-se definir muito sinteticamente a Arquitectura como Poesia Construída.

Socorrendo-se ao universo da Literatura propõe-se que tal como distinguimos um texto de um poema, se faça o mesmo no campo da Arquitectura. Nem tudo o que é construído é Arquitectura, tal como nem todos os textos são Literatura. Tomando como exemplo a construção de um soneto, qualquer indivíduo pode seguir todas as regras que são precisas cumprir de modo a obter o género lírico de origem italiana e, contudo, não produzir poesia. Tal como se se escrever um texto composto por dois quartetos e dois tercetos, ou seja, quatro estrofes (conjuntos de versos), sendo que as duas primeiras devem conter quatro versos e as duas últimas três, num total de catorze versos, é muito provável no final continuarmos a não ter um poema. O mesmo ocorre em Arquitectura. Podemos gerar um edifício com boas áreas, com paredes, pavimentos, coberturas, portas e janelas e, no final, assim como no exemplo anterior, não se produzir Arquitectura.

Reconhece-se Arquitectura da mesma maneira que um electrotécnico reconhece uma instalação ou máquina que se situa num nível superior ao ordinário. Ou, como um matemático sabe que reduziu a uma expressão mínima e simples centenas de operações e conceitos complexos.

A Arquitectura revela-se sensorialmente. As sensações são transmitidas por texturas, pelo som, pelas cores, pelos aromas e, mesmo, pelo paladar, despoletando memórias das experiências que fomos adquirindo ao longo da vida. Neste processo, as sensações, como quente, frio, claro, escuro, áspero, suave, amargo, doce, intenso, pestilento, auxiliadas pelo banco de recordações, constroem uma experiência com qualidades tão ricas que chegam a evocar sentimentos nos seus momentos mais sublimes.

A soma de edificações e outros elementos construídos formam uma paisagem. A paisagem é uma entidade que, tal como os recursos naturais, é de todos e não é de ninguém. É de todos porque, apesar de ser promovida por um proprietário, a paisagem é território de todos, já que consiste no cenário e palco onde se desenrolam as aparições e relações sociais públicas. Afirmamos que não é de ninguém exatamente porque o verdadeiro proprietário da paisagem é o público, entidade cuja vontade e sensibilidade não é aferível.

É indispensável distinguir uma construção de um edifício arquitectónico para se compreender o que se pretende com o exercício projectual proposto neste trabalho.

## 6.2 – Programa arquitectónico

Nenhum projecto de arquitectura se pode fazer sem um programa. E o programa define o projecto antes de qualquer esboço. Isto porque, contrariamente às outras artes, a arquitectura manipula uma matéria que assume uma função primordial na sobrevivência e bem-estar do ser humano: o espaço habitável.

O programa inicial que se propunha para as instalações do ISEL era a construção de um pequeno empreendimento fotovoltaico e uma cobertura para veículos.

Tendo conhecimento que a instituição pretende diminuir as suas despesas com a energia e procura uma solução que não implique recorrer a fontes energéticas que não possui, considerou-se que o recurso à energia fotovoltaica seria o mais adequado neste momento.

A instalação de uma estrutura de módulos fotovoltaicos capaz de produzir a quantidade de energia que reduza significativamente a factura energética implica cobrir uma grande superfície que não seja abrangida por sombreamentos. É ainda muito apropriado o recurso a este tipo de instalações em ambiente urbano.

O ambiente urbano é o “terreno” mais natural à produção de energia eléctrica pelo fenómeno fotovoltaico, pois dispõe de uma enorme quantidade de superfícies de absorção e reflexão da radiação solar já existentes. Outra vantagem da produção fotovoltaica em zonas urbanas é a proximidade entre o local de geração e o local de consumo, o que permite reduzir as perdas de energia, diminuir a escala e o número de infraestruturas de transporte de energia e promover o melhor funcionamento da rede eléctrica. Acrescentamos ainda que o impacte ambiental provocado por instalações deste tipo nas cidades é monstruosamente menos significativo do que o causado pela transformação de terrenos onde existem ecossistemas saudáveis.

Perante este problema há quatro alternativas que podem ser consideradas: (i) Utilizar as coberturas dos edifícios, (ii) utilizar as fachadas dos edifícios, (iii) construir uma cobertura, ou (iv) instalar os painéis no solo. A instalação de painéis no solo aparentemente não é satisfatória porque a área que seria necessária ocupar seria equivalente a privar todos os utilizadores do campus de espaços e serviços que são mais-valias no modo como se “vive” no recinto educativo.

A hipótese de colocação vertical dos painéis nas fachadas é desvantajosa em dois aspectos, que se traduzem no fraco rendimento dos módulos ao longo do ano mesmo

em fachadas a sul e no resultado estético edifícios que seriam alvo de recobrimento por uma superfície de células fotovoltaicas.

A alteração dos panejamentos verticais dos edifícios pode dar origem a espaços desconfortáveis e desajustados da paisagem que hoje compõem. É muito frequente questionarmos que efeito tem um espaço que se encontra dissonante num indivíduo. A mesma situação desconcertante de "habitar" um espaço que não transmite sensações aprazíveis pode ser comparada ao esforço que é preciso fazer quando se tenta desfrutar da Ária da Suite Orquestral nº3 em Ré Maior de Johann Sebastian Bach's ao mesmo tempo que somos assaltados pelo ruído constante de um apito de futebol. Tanto a colocação dos painéis nas coberturas dos edifícios existentes como numa nova estrutura apresentam-se como as opções mais válidas à introdução da instalação de natureza solar.

A introdução dos equipamentos solares na cobertura é uma prática corrente que não oferece dificuldades quando os elementos estruturais dos edifícios se encontram em bom estado. Infelizmente os projectistas nacionais têm como boa prática acrescentar às coberturas painéis em filas paralelas orientadas a sul com inclinações que rondam os 48° qualquer que seja a configuração dos telhados.

O resultado arquitectónico de tal acção é equivalente ao preenchimento do corpo humano por meio de *piercings*. Por vezes é preferível sacrificar parte da eficiência energética de modo a não arruinar uma paisagem que é de todos e não propriedade do dono do imóvel ou de um projectista.

No campus do ISEL as coberturas mais indicadas a serem preenchidas são as correspondentes aos edifícios mais antigos devido à ausência de saliências, obstáculos, aparelhos, cabos e antenas nas suas superfícies. A instalação dos módulos teria de acompanhar a inclinação dos telhados de maneira a manter a dimensão e integridade espacial dos edifícios mais distintos do conjunto edificado do ISEL.

Uma outra questão que esta opção levanta é: que mais valia a instituição adquire para além dos ganhos energéticos e da modernização e melhoramento do estado de algumas coberturas que apresentam alguma degradação? Facto é que qualquer acto de construção acrescenta um custo que ultrapassa a exclusiva aquisição e montagem dos módulos. E para as coberturas receberem tal intervenção são necessários trabalhos de construção civil.

A introdução de uma nova estrutura no campus que sustente os módulos pode apresentar uma solução mais abrangente do que a simples recobertura dos telhados. A área do parque de estacionamento satisfaz plenamente as duas condicionantes principais anteriormente enunciadas: área disponível e ausência de sombras.

O local reservado para ao estacionamento de viaturas é ideal para desenvolver uma grande superfície suspensa que pode acumular tanto a função de produção de energia como dotar o ISEL de um espaço coberto que acrescenta melhores condições físicas

aos seus alunos e colaboradores. Embora esta opção seja mais dispendiosa que todas as outras, é também a que mais potencial reserva, não apenas pelo seu carácter funcional estrito como pela “liberdade” configurativa que pode adoptar. Há uma janela de oportunidade muito estreita que pode satisfazer as necessidades energéticas do campus e, ao mesmo tempo, oferecer aos seus utilizadores melhores condições de estudo e trabalho.

Como a universidade é uma escola, e portanto um espaço de estudo, seria interessante agregar ao programa arquitectónico um espaço que pudesse ser utilizado como sala de estudo, uma vez que as salas que o ISEL pode disponibilizar para utilização livre são muitas vezes insuficientes para o número de alunos que as procuram.



Fig. 29-Pavilhão do Brasil- Expo Milão 2015  
fonte 23: <http://www.archdaily.com.br/br/766586/pavilhao-do-brasil-expo-milao-2015-studio-arthur-casas-plus-atelier-marko-brajovic>



Fig. 28-Pavilhão de verão Qta Montes Molina  
fonte 22: <http://pranchetadearquitecto.blogspot.pt/2016/07/patio-quinta-montes-molina-pavilion.html>

A intenção não é inserir um espaço fechado como salas de aula tradicionais. O objectivo é dispor de um pavilhão de Verão onde se podem desenvolver várias actividades diferentes e em simultâneo. Uma plataforma física que é tão propícia à produção de trabalhos de grupo, como de apresentações de livros, como à realização de acções de formação ou conferências ou mesmo com capacidade para receber uma feira, exposição ou qualquer outro evento temático.

Conclui-se que o programa ideal para se desenvolver o projecto arquitectónico consiste na construção de uma instalação fotovoltaica, estacionamento coberto e um pavilhão de Verão mantendo a condição de exequibilidade de todo o empreendimento.

### 6.3 – Proposta arquitectónica-Uma sombra construída

Seleccionado o módulo a utilizar na estrutura arquitectónica, conhecendo a quantidade de módulos a montar, determinada a área de superfície receptora de raios solares, o local da instalação e o programa a contemplar é possível desenvolver uma proposta arquitectónica.

É por demais evidente que há um défice de um elemento que seja uma referência arquitectónica no campus do ISEL. Assim como o Instituto Superior Técnico é facilmente reconhecido pela presença das duas torres de vidro paralelepípedicas que estão no topo de uma enorme escadaria, e a cidade universitária é marcada pela fachada de gigantes colunas do edifício da reitoria que se encontra no topo de um vazio ajardinado, falta um símbolo identitário que destaque a instituição ISEL dos seus pares académicos.

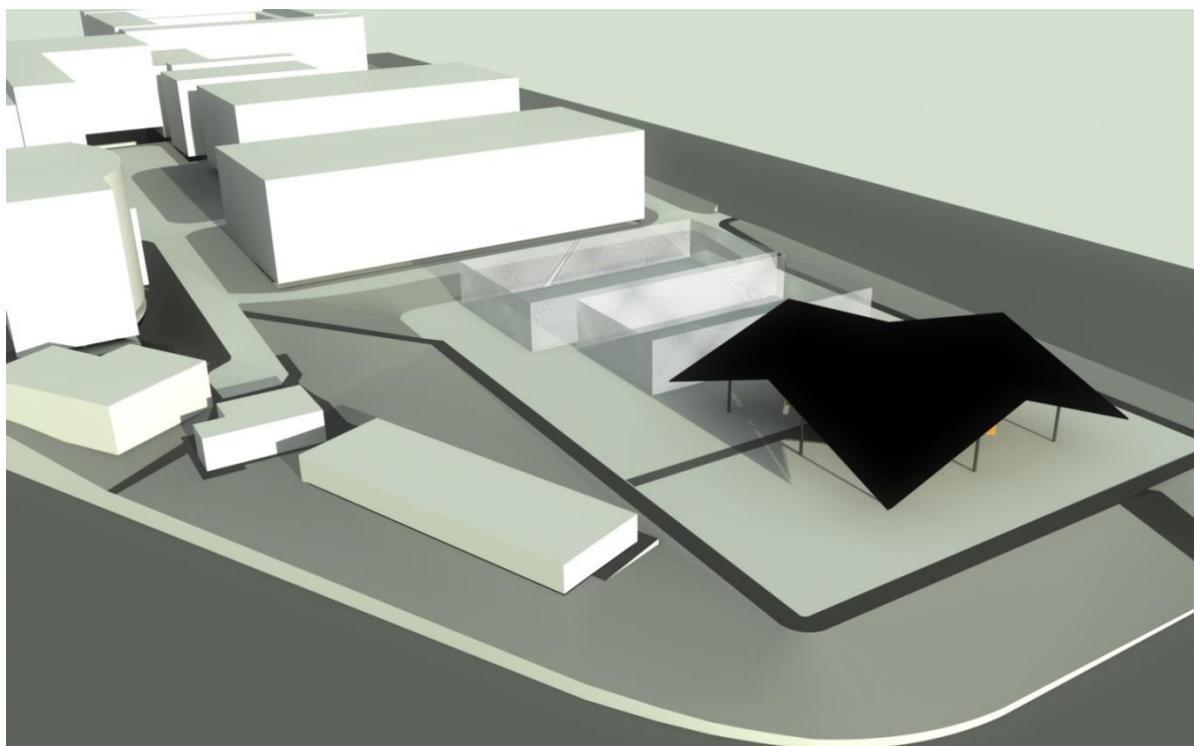


Fig. 30-Maquete da cobertura do estacionamento

Pelas razões enumeradas propõe-se a construção de uma grande superfície “negra” quadrada multiprismática, qual sombra construída, que plana sobre o vazio do

estacionamento mantendo o alinhamento paralelo com a Rua Conselheiro Emídio Navarro e obedecendo à largura do campo de jogos.

A construção de um edifício, ou alguma estrutura que se assemelhe a uma edificação comum, não permitiria acrescentar um momento dissonante, para que, em termos urbanísticos, a sua presença assumisse uma posição dominante na paisagem. De forma a conseguir-se esse momento de ruptura sem distorcer o conjunto edificado dentro do recinto do Instituto, apostou-se numa edificação de cariz temporário.

Uma vez que, todos os edifícios no campus e ao seu redor apresentam um carácter permanente, introduzir uma estrutura que apela ao efémero é, porventura, o gesto arquitectónico mais corajoso e feliz a adoptar. Tem-se como objectivo levantar um objecto arquitectónico que facilmente pode desaparecer sem que se encontre vestígios da sua presença.

Visto que a superfície prismática se situa junto à porta do metro, enquadrando-se com o portão existente como um pórtico, convida o acesso a quem circula na Av. Infante Dom Henrique. A ambiguidade da edificação suscita mistério a todo o sujeito que se encontre nas imediações por não serem perceptíveis as actividades que nele se desenrolam.

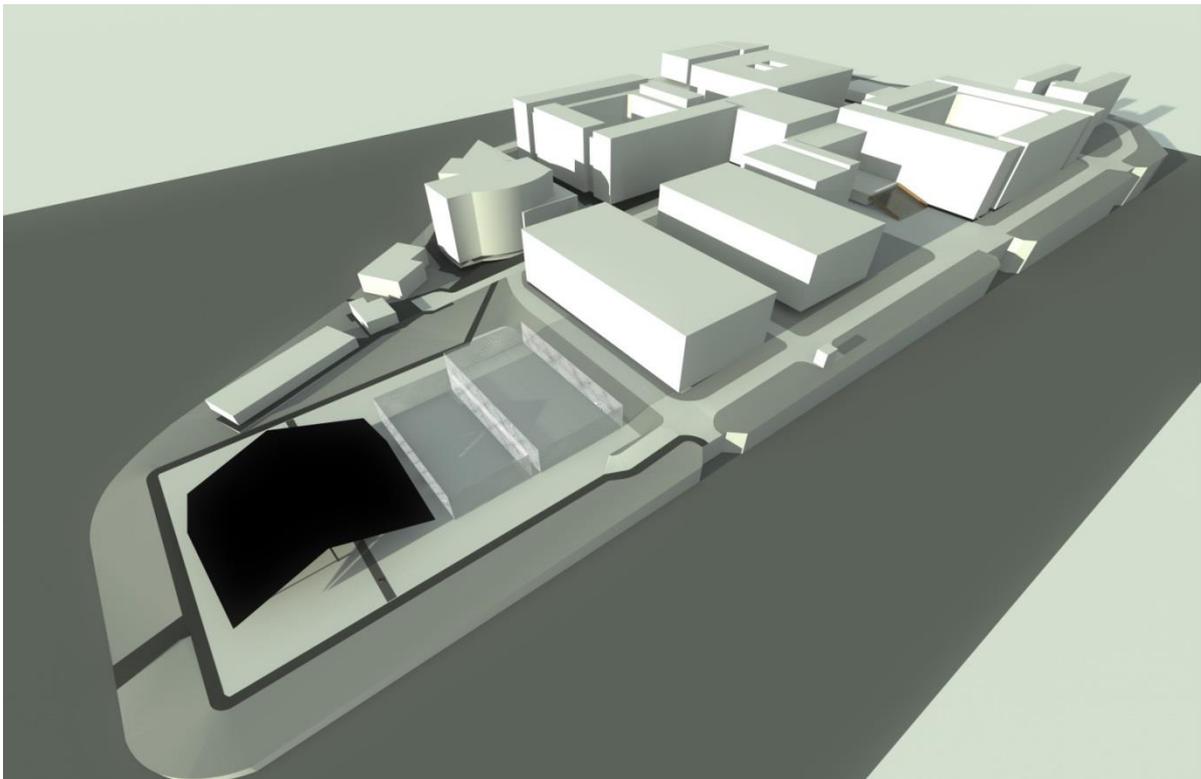


Fig. 31-Maquete da cobertura do estacionamento

A instalação fotovoltaica que é simultaneamente cobertura de estacionamento e de um espaço multifuncional assume a forma prismática de modo a ter a inclinação mais eficiente para o funcionamento dos módulos durante o ano, ao mesmo tempo que preenche a área necessária para acolher 54 viaturas. O declive dos painéis também é

determinado pela escala do conjunto edificado. É imprescindível manter a harmonia da paisagem e, se possível, restabelecer o equilíbrio da proporção compositiva do meio urbano.

Outra razão para o *design* em superfícies inclinadas é a formação de “cantoneiras” gigantes que direccionam a água das chuvas muito rapidamente para quatro locais ao mesmo tempo que se obtém energia da radiação reflectida pelas próprias superfícies envidraçadas dos painéis. A sombra que resulta da obstrução dos raios solares pela cobertura prismática adquire também alguma complexidade face a uma cobertura de nível ou em forma de pirâmide.

### 6.3.1 – Estacionamento coberto

A implantação de um espaço coberto no parque de estacionamento não é isenta de consequências. A verdade é que o número de lugares de estacionamento é reduzido de 139 para 99. São muitos espaços sacrificados, porém, é preciso reforçar que os 99 parqueamentos previstos estão dimensionados para assegurar a boa circulação no terreno e para dispensar a área necessária ao bom acesso às viaturas. Embora hoje se tenha a impressão de que o número de parqueamentos neste local está sobredimensionado para uma lotação anual constante, somente um registo anual poderia confirmar tal informação. Esse registo não existe.

A presença da nova cobertura requer que se preveja a sua utilização por um período longo de tempo. Diariamente são lançadas no mercado novas viaturas eléctricas ou são publicadas medidas de incentivo à sua utilização. Perante este panorama o bom senso aconselha que sejam instalados carregadores de carga rápida com auxílio a baterias alimentadas directamente pelos módulos que se encontram por cima. Para todos os que visitam o ISEL por altura das candidaturas de ingresso é dado a conhecer que o ISEL dispõe tanto de carregadores eléctricos de carga rápida como de pessoal qualificado que assegura a sua manutenção e modernização.

Uma recente iniciativa por parte da **BMW AG** que apresentou o i3 e o i8 no campus provou o bom desempenho destas máquinas perante uma situação real. A reconfiguração do estacionamento prevê a devida localização para 2 tomadas de carga rápida e condiciona 4 parqueamentos junto a estes carregadores para veículos de motriz eléctrica.

Fixaram-se estes números porque o número de utilizadores de veículos de zero-emissões ainda é reduzido e não é do interesse da instituto implantar equipamento que não é utilizado com regularidade ou condicionar o espaço das viaturas a combustão que são o grande meio de transporte individual dos seus alunos e colaboradores.

Para além dos painéis fotovoltaicos é necessário instalar outros equipamentos eléctricos, como inversores, cabos e cablagens, *string boxes* e aparelhos de medição. Todos estes equipamentos ficam agrupados num local central por debaixo da

cobertura. Daí sai o cabo eléctrico que vai levar a energia através de uma conduta enterrada até ao PT2. A conduta deveria ser visitável mas, na impossibilidade de tal se poder verificar, o seu percurso é sinalizado por um pavimento diferente introduzido à cota do estacionamento. A diferença de pavimento delimita ainda o percurso pedestre que permite atravessar transversalmente a superfície prismática e assinala o acesso ao espaço multiusos.

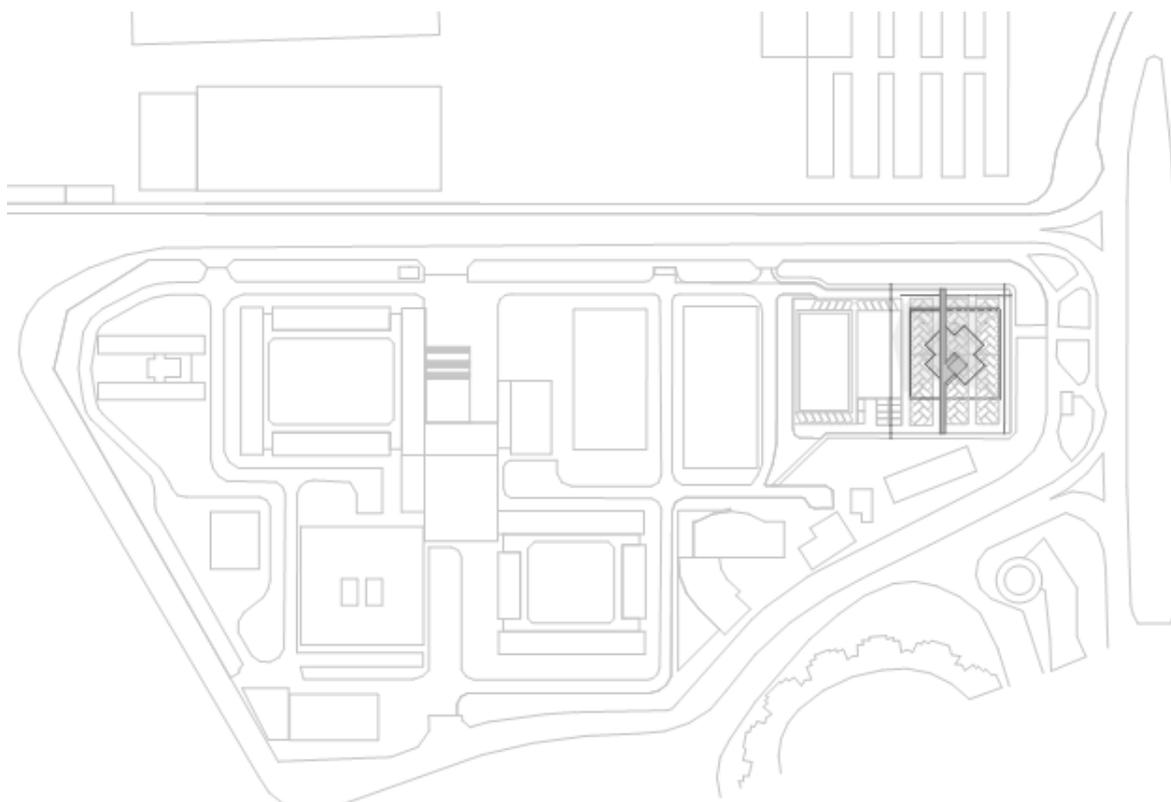


Fig. 32-Planta de implantação

### 6.3.2 – Cobertura em módulos fotovoltaicos

A cobertura do estacionamento preenche uma área quadrangular com 36m de lado com 1 296m<sup>2</sup> de pavimento coberto. Esta área corresponde a 1 476m<sup>2</sup> painéis fotovoltaicos sem frisos, montados uns ao lado dos outros com o menor espaçamento possível entre si formando uma superfície negra uniforme.

A volumetria prismática resulta da divisão do quadrado em 8 triângulos iguais. Cada um tem um lado com 21° de declive. Verificou-se que a diferença de energia produzida pelos painéis com 21° é praticamente insignificante em relação à produção feita pelos mesmos equipamentos a 28° de declive. Ao diminuir o ângulo que os painéis fazem com o plano horizontal foi possível diminuir a altura da estrutura e ajustar a sua largura à do lado do recinto desportivo existente. Estas acções justificam-se em prol de uma harmoniosa ligação entre a edificação proposta e as existentes.

A cobertura é suspensa por oito grandes colunas que suportam o peso da estrutura negra por intermédio da interligação de vigas que se cruzam no centro da estrutura.

Os módulos são montados paralelamente aos limites exteriores da estrutura sobre guias metálicas, presos por grampos. Por debaixo dos perfis metálicos, tapetes de cortiça escondem os cabos, ao mesmo tempo que geram uma superfície contínua impermeável, que emprega um acabamento digno ao tecto do espaço e evita que chova sob a sua alçada. Os pilares de secção circular estão bem dentro do perímetro agora resguardado para não interferirem com o funcionamento e a capacidade do parqueamento.

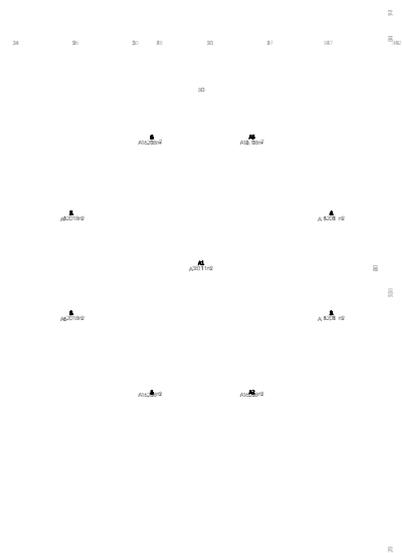


Fig. 33-Planta da cobertura

Todos os lados da instalação formam um pórtico triangular que reenquadra a paisagem circundante. A sua dimensão e altura atribui aspectos ao espaço que são característicos das praças cobertas como as dos pavilhões.



Fig. 34-Alçado nascente (entrada-metro)

Fig. 35-Alçado sul (alterar alçado devido às redes de jogos)

É justamente a flexibilidade do espaço que permite que se desenvolvam múltiplas actividades sob a sua protecção solar e atmosférica. Apesar de não ser um edifício baixo, a sua dimensão perante os seus pares é muito mais contida e, contudo, em certas perspectivas, consegue escondê-los por debaixo da sua sombra. Sombra esta que se espera que seja como que a extensão da cobertura preta até ao solo, desenhando um único vulto sobre o plano horizontal asfaltado.

Os prismas triangulares interiores, que resultam dos altos e baixos da superfície suspensa, animam uma grande área de terreno. O seu movimento ao nível das cotas é capaz de suportar a introdução de novos volumes a alturas intermédias sob a sua alçada.

### 6.3.3 – Espaço multiusos

No vazio que resulta do espaço que fica entre a superfície fotovoltaica e o solo sugere-se a instalação de quatro plataformas que se intersectam entre si formando um único espaço. As plataformas são desniveladas progredindo em altura como degraus. Em planta imprime-se um eixo axial perpendicular ao formado pela união dos cantos diagonalmente opostos da grande cobertura.

O novo espaço é fixo às vigas que se encontram por cima de si acentuando a sensação de "desafio" da lei da gravidade. Este novo jogo de volumes que paira sobre os veículos introduz uma nova complexidade ao estacionamento coberto. A sombra que resulta desta estrutura toda revestida em painéis de cortiça virgem provoca que as formas resultantes da obstrução dos raios solares adquiram várias espessuras. A sobreposição das sombras de todos os elementos propostos permitem que o espaço, pelo menos ao longo do dia e dos anos, obtenha um ambiente singular que é promovido pela variação da densidade da penumbra.

A finalidade de reunir quatro volumes que não estão no mesmo nível e estabelecem quatro cantos resume-se ao facto de se desejar que este espaço possa ser utilizado simultaneamente em actividades muito distintas sem se sobreporem. Ao mesmo tempo que é possível identificar 4 áreas que podem funcionar isoladamente, também é fácil detectar uma continuidade de pavimento em forma de cruz que resulta da soma de todas. É ainda espectável que uma determinada ocupação desta área contemple uma anexação de várias combinações associativas das plataformas. A introdução de degraus

permite criar essa barreira física entre espaços sem ser necessário encerrá-los por paredes.

A principal função da área intermédia é dotar o ISEL de mais um espaço que os alunos podem recorrer para executarem os seus trabalhos ou desenvolverem o seu estudo, dispondo de todos os recursos que a instituição oferece (electricidade, rede sem fios, acesso a bases de dados, iluminação).

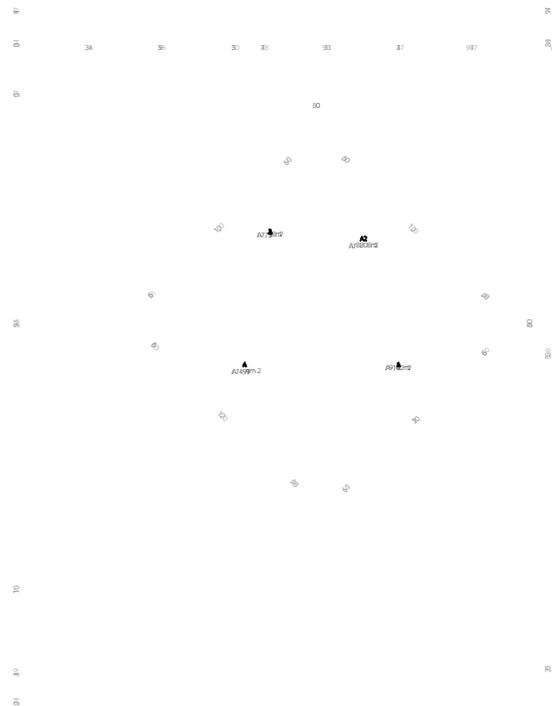


Fig. 36- Planta espaço multiusos/ sala de estudo – piso 1

Embora os planos verticais que limitam e preservam a segurança da utilização da plataforma tenham 1,5m de altura, todo este piso desfruta de uma vista panorâmica privilegiada que retira a condição restritiva que é associada às salas de aula standardizadas. É uma mais-valia para qualquer instituição contar com uma multiplicidade de ambientes lectivos como forma de exponenciar as capacidades e potencialidades dos seus discentes.

Centrando as características espaciais deste local no “aluno”, o objecto arquitectónico sugerido, delinea um balcão pelo perímetro da estrutura reforçando esta sua aptidão para a permanência dos utilizadores.

O acesso ao piso 1 é indicado no solo pelo diferente tipo de piso que atravessa transversalmente o estacionamento. Sensivelmente a meio, o novo pavimento alarga-se perante um largo lanço de escadas embutido num paralelepípedo em cortiça inclinado. Por debaixo destas escadas há uma câmara oculta que recebe os inversores, jogos de baterias, carregadores eléctricos, quadros técnicos e os dispositivos necessários ao bom funcionamento dos equipamentos fotovoltaicos e demais dispositivos eléctricos.



Fig. 37- Planta piso 0

Fig. 38-Alçado poente

A sala do “aluno” totaliza 384m<sup>2</sup> de pavimentos em cortiça que se percorrem a diferentes velocidades de se percorrermos os seus desníveis. A área à cota mais baixa tem cerca de 90m<sup>2</sup> enquanto as outras três rondam os 80m<sup>2</sup>.

A escolha de um material natural e reciclável de origem nacional como a tela de cortiça apresenta-se como solução de revestimento de todas as superfícies dos vários volumes sugeridos no projecto. As telas deste material nobre são manufacturadas sem recurso a produtos da indústria petroquímica e são alvo de uma gestão florestal sustentável. Não obstante o seu excelente comportamento térmico, a cortiça é uma matéria moldável de elevada estanqueidade e um óptimo isolante electromagnético. A cortiça é um grande absorvedor de impactos e de frequências acústicas, pelo que parece ser uma boa solução para reduzir os níveis de ruído na área veicular.

Não é surpresa que este material não é o mais atractivo economicamente, mas oferece algumas propriedades que só seria possível reunir efectuando uma despesa maior com a aquisição outros materiais. Uma das suas propriedades que é um factor importante para a execução dos volumes que estão projectados é a sua leveza. Sendo uma matéria leve que já tem um acabamento fino é possível reduzir a capacidade resistente de toda a estrutura a instalar. A sua resistência à tracção e à compressão é ideal para ser fixa a perfis metálicos leves.

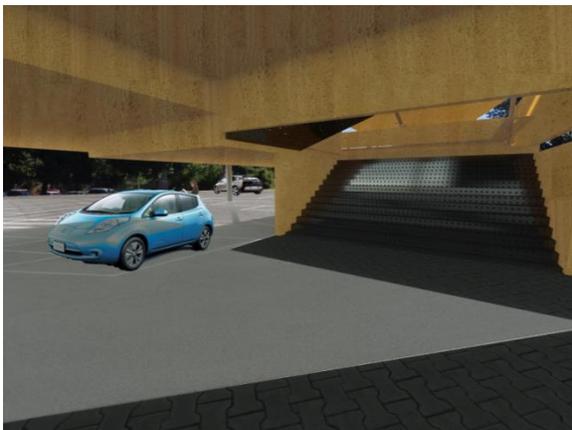


Fig. 39- Fotomontagens espaço multiusos

Em termos de estática, menor peso equivale a ter menos material estrutural, logo menos despesa económica. O recurso a um produto que é modular permite uma rápida reparação em caso de dano, facilitando o acesso a locais que de outra forma não seria tão imediato. A cortiça é um material 100% reciclável, antiestático e hipoalergénico, o que promove um ambiente mais limpo e uma higienização eficaz das suas superfícies sem recurso a produtos abrasivos ou tóxicos.

O segundo material que tem uma presença notória neste empreendimento é o aço. O aço é muito versátil e resistente, o que levou a que fosse empregue tanto nos degraus dos lanços de escadas como nas bancadas do piso 1 na forma de chapa perfurada. A chapa perfurada destes elementos promove a ventilação dos espaços técnicos e das

superfícies que recebem material electrónico como computadores portáteis. Este material é também muito utilizado para a colocação de calhas técnicas para a passagem de cabos.



Fig. 40- Fotomontagens estacionamento coberto

A integração de um grande espaço coberto sem muros no recinto viabiliza uma utilização ininterrupta. Todos os utilizadores do campus poderiam contar com este espaço disponível a qualquer hora. Se tal adesão ao pavilhão ocorresse ficava garantida a segurança dos equipamentos visto que iria contar com uma vigilância permanente e com a iluminação desta área do recinto.

No período nocturno, os dispositivos que iluminam este espaço, aumentariam a visibilidade da totalidade da área parqueada, que actualmente só conta com uns escassos projectores. Enquanto durante o dia a superfície protegida da luz é acolhida pela sombra, à noite o seu papel inverte-se, passando a ser emissora de luminosidade.

No momento que a escuridão toma o espaço, a edificação brilha. O que durante o dia é animado por silhuetas negras que vagueiam pelas superfícies, após o crepúsculo são faces que estendem pontilhados de focos luminosos. Do horizonte, ao largo do rio, torna-se visível o edifício que outrora exposto ao sol espreita por entre as folhas das árvores.



Fig. 41 -Fotomontagens estacionamento coberto

6.3.4 – Esquema de ligações do sistema fotovoltaico

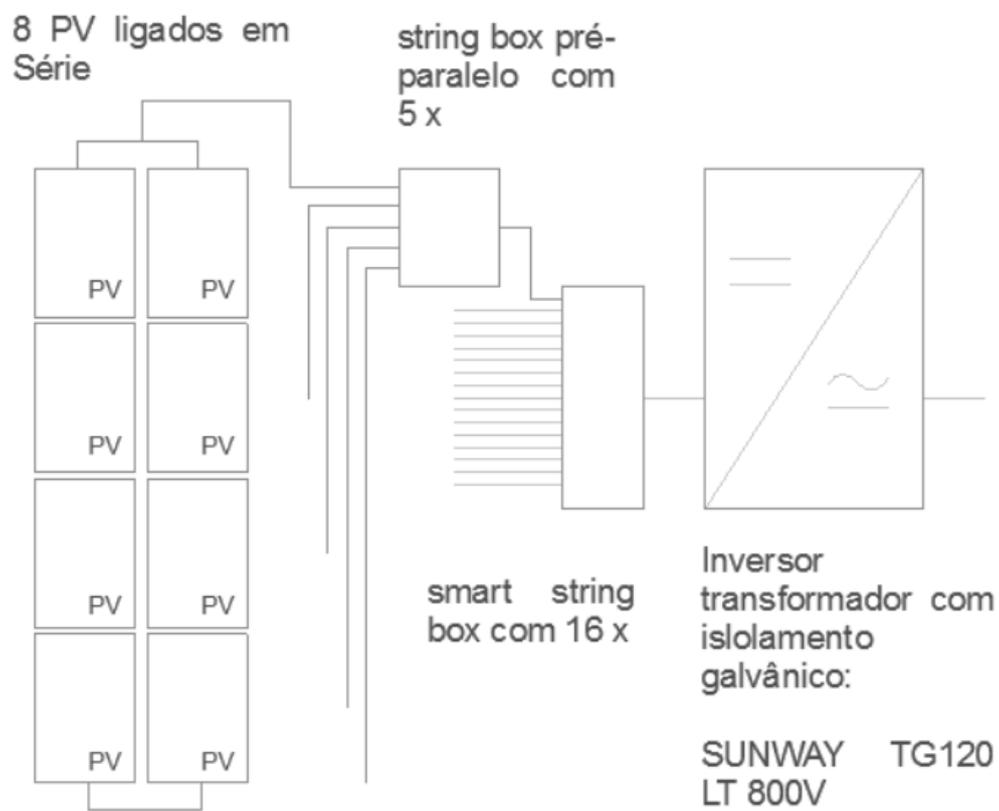


Fig. 42-Esquema de ligações do sistema PV

## 7 – Avaliação económica

### 7.1 – Edifício-máquina

Nunca passou pela cabeça de Charles-Édouard Jeanneret-Gris, mais conhecido por Le Corbusier, figura ímpar da história da arte e da arquitectura, que a sua tese sobre a “a casa como máquina de habitar”, publicada na revista francesa *L’Esprit Nouveau*<sup>4</sup> em 1921, continuasse tão actual e polémica passados 95 anos quanto o foi na altura. (Corbusier, *Essential Le Corbusier: l’esprit nouveau articles*, 1998)

O conceito da “casa enquanto máquina de habitar” que o arquitecto suíço defendeu durante toda a sua vida culminou com publicação de *Le Modulor* em 1948 e de *Le Modulor 2* em 1955. Na década de 20 o teórico que residia em França introduziu a ideia de que a casa tinha de estar tão projectada para acções quotidianas do habitar como uma máquina está para a função que desempenha. Para exprimir e situar este conceito novo Le Corbusier deu o exemplo das aeronaves e dos transatlânticos. (Corbusier, *Le Modulor*, 1983)

No contexto da arquitectura contemporânea tal conceito já se encontra diluído em muitos dos edifícios que utilizamos. Contudo, nunca em qualquer outra altura da história das civilizações, fez tanto sentido tornar as nossas residências e instalações em máquinas. Máquinas que são de habitar mas incorporam o sentido mais estrito de máquina: “*aparelho destinado a produzir movimentos ou a transformar determinada forma de energia*”<sup>5</sup>.

A avaliação económica de uma edificação que é também uma máquina não pode ser comparada directamente com geradores que não acumulam mais nenhuma função nem com edificações cujo destino é só o de armazenar ou proteger o equipamento e a sua operação.

### 7.2 – Energia produzida e poupança estimada

A denominação de poupança neste texto mencionada é o valor monetário que resulta da energia produzida na instalação para autoconsumo que se evita adquirir aos comercializadores presentes no mercado.

Inicialmente consideraram-se 1 296 painéis de 135Wp para a Instalação. Contudo, ao aferir dimensões e declives, o número de painéis a instalar passou para 1 380. A dada altura no estudo da solução arquitectónica levantou-se a dúvida da utilização dos

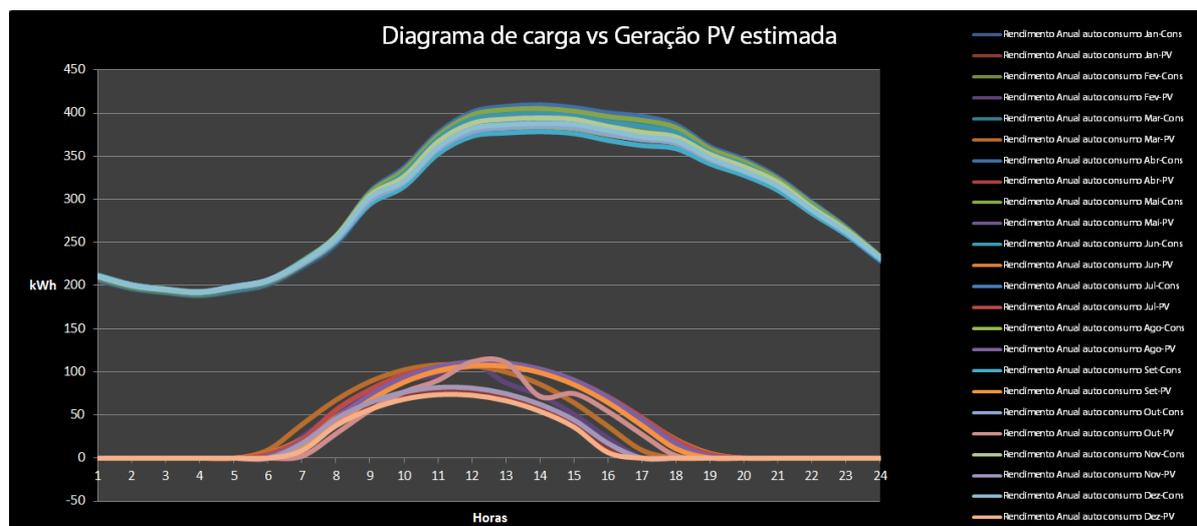
---

<sup>4</sup>L’Esprit Nouveau (“O Espírito Novo”, em português) foi uma revista francesa concebida e editada por Le Corbusier e Amédée Ozenfant e em 1921. Tinha como objetivo divulgar um manifesto para a arte e a arquitetura. O seu conteúdo era preenchido de artigos, reproduções fotográficas e anúncios publicitários que constituíam um instrumento de exposição e difusão das estéticas da era mecanicista

<sup>5</sup> Definição que consta no Dicionário de Português Online em: <http://www.priberam.pt/dlpo/m%c3%a1quina>

módulos orientados a norte. Ponderou-se substituir estas faces por superfícies envidraçadas, alternativa que foi rejeitada pois a sua instalação é mais dispendiosa do que o aumento da potência instalada. Este aumento é insuficiente para que em qualquer momento exista energia a ser injectada na RESP. Nas folhas de cálculo constantes em apêndice apurou-se que a energia eléctrica anual produzida em AC é de 250,9 MWh, fazendo com que o número de horas de utilização da potência instalada seja 1 347 horas por ano.

Gráfico 1-Impacto da energia da energia produzida pelos equipamentos PV no diagrama de carga dos consumos no campus



A configuração prismática da cobertura permite que os painéis, não obstante apresentarem uma orientação fixa, recebam radiação de outras direcções durante a exposição solar diária. Se se observar o movimento solar nas coordenadas do ISEL é facilmente detectável que as faces do prisma viradas a norte, durante as primeiras horas do dia no período de Verão encontram-se também expostas à luz de nascente. O mesmo sucede ao final do dia com a luz proveniente de poente. Retiramos da fig.19 que, estas mesmas superfícies não ficam tão sujeitas a sombreamentos com a introdução dos ângulos.

Para efeitos do cálculo da energia anual produzida pela área fotovoltaica aceitou-se que 690 painéis durante todo o ano recebem radiação solar directa com a direcção sul. A norte contabilizaram-se 345 unidades ao passo que a nascente deliberou-se que 173 estão sujeitos à luz de nascente e outros tantos absorvem e reflectem os raios solares de poente. Estipulou-se que haviam painéis que recebem tanto radiação dirigida de sul como de nascente e poente, contudo, não foi possível aferir a quantidade de energia a mais que essa situação providencia. Não se deixa de se realçar que o resultado da energia eléctrica possível de gerar, muito provavelmente, vai ser superior ao determinado através do contributo da decisão arquitectónica.

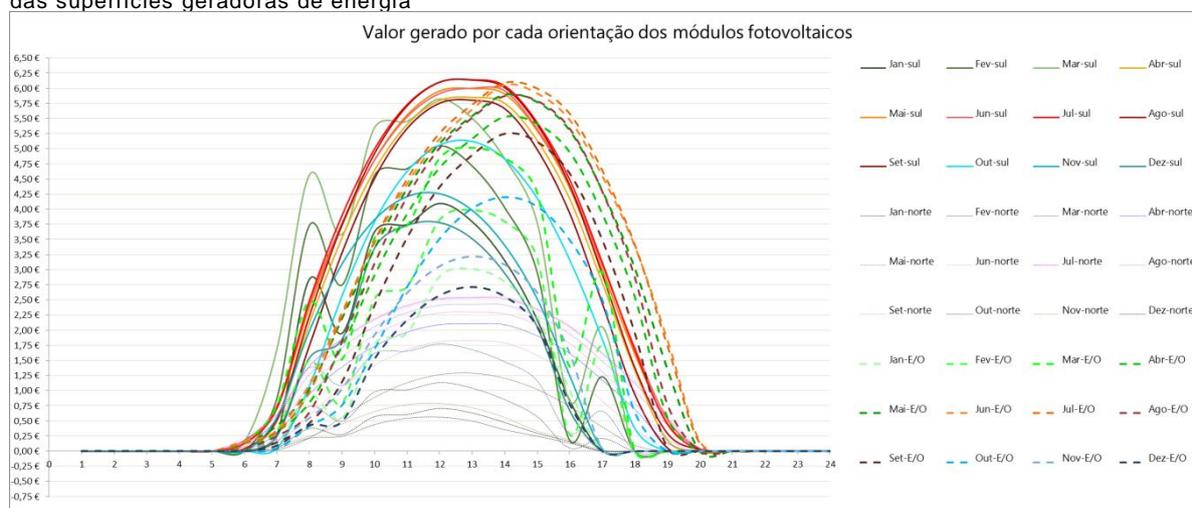
Chegando-se à energia produzida anualmente hora a hora há condições para se estimar o valor de poupança anual com base nos diagramas de carga do ISEL e na tabela de preços praticados pelo comercializador de energia a MT.

O consumidor de média tensão é facturado sobre uma potência contratada fixa mensal, sobre a utilização das redes e sobre quantidade de energia que consome. A energia é mais cara umas horas do dia do que outras. As horas de cheia e ponta são as que representam a maior despesa mensal, com a agravante de, no horário de ponta, ser acrescentado à facturação o valor médio da potência que durante essas horas esteve a ser consumida. Deduz-se que é muito mais vantajoso produzir a maior quantidade de energia possível durante os períodos de ponta e depois de cheia. Neste caso específico verifica-se, pelos diagramas de carga, que o Instituto apresenta os maiores consumos diários precisamente nestes dois períodos.

Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
De segunda-feira a sexta-feira		De segunda-feira a sexta-feira	
Ponta:	17.00/22.00 h	Ponta:	14.00/17.00 h
Cheias:	00.00/00.30 h 07.30/17.00 h 22.00/24.00 h	Cheias:	00.00/00.30 h 07.30/14.00 h 17.00/24.00 h
Vazio normal:	00.30/02.00 h 06.00/07.30 h	Vazio normal:	00.30/02.00 h 06.00/07.30 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Sábado		Sábado	
Cheias:	10.30/12.30 h 17.30/22.30 h	Cheias:	10.00/13.30 h 19.30/23.00 h
Vazio normal:	00.00/03.00 h 07.00/10.30 h 12.30/17.30 h 22.30/24.00 h	Vazio normal:	00.00/03.30 h 07.30/10.00 h 13.30/19.30 h 23.00/24.00 h
Super vazio:	03.00/07.00 h	Super vazio:	03.30/07.30 h
Domingo		Domingo	
Vazio normal:	00.00/04.00 h 08.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/04.00 h 08.00/24.00 h
Super vazio:	04.00/08.00 h	Super vazio:	04.00/08.00 h

Fig. 43-Ciclo semanal opcional para MAT, AT e MT em Portugal Continental fonte 24: EDP Distribuição

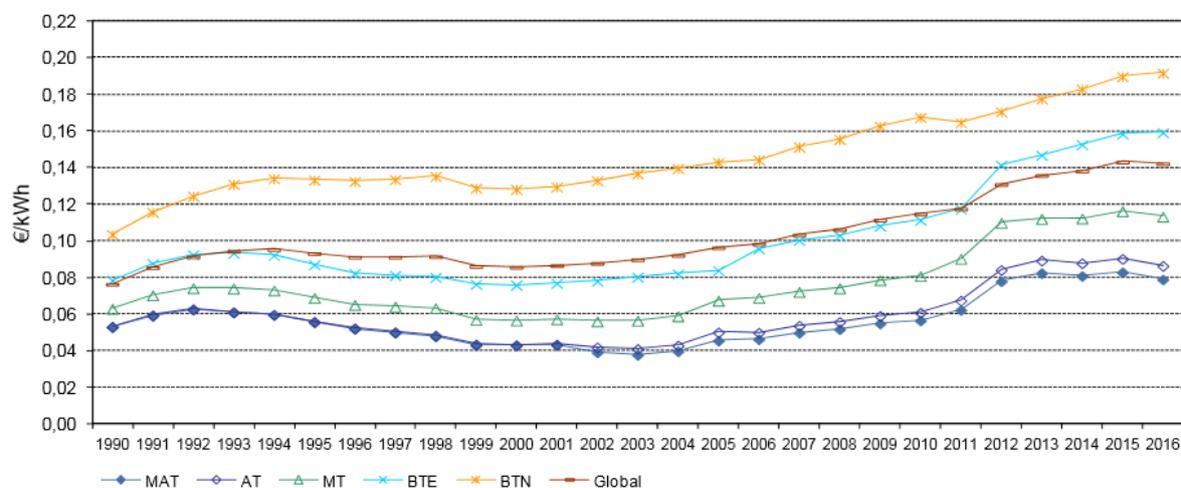
Gráfico 2- Gráfico que relaciona o valor poupado em cada hora de produção fotovoltaica segundo a orientação das superfícies geradoras de energia



De modo a obter-se a quantia correspondente à energia produzida em cada hora segundo o preço que está a ser cobrado, cruzaram-se os consumos a cada hora do mês com o preço que está a ser praticado nessa mesma hora do mês correspondente. Atendendo à alteração do fuso horário verificou-se que o sistema é muito proveitoso no período de Verão, momento em que a geração fotovoltaica consegue preencher mais horas de ponta e cheia.

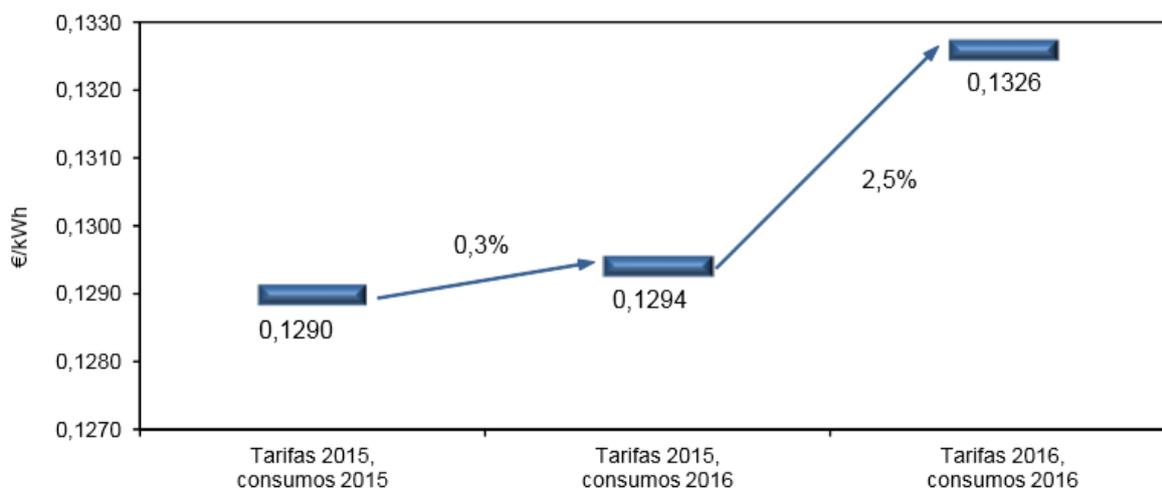
A receita anual estimada pela geração de energia cifra-se nos 26 171,7€. A poupança realizada em potência média das horas de ponta é equivalente a 3 162,1€. Os dois valores somados totalizam uma poupança 29 333,8€ por ano sem ter em conta que, em média, o preço do kWh sofre um aumento anual de 2,8%.

Gráfico 3 -Evolução do preço médio das tarifas de referência de venda a clientes finais, por nível de tensão



Fonte 25- ERSE:TARIFAS E PREÇOS PARA A ENERGIA ELÉTRICA E OUTROS SERVIÇOS EM 2016

Gráfico 4-Evolução do preço médio das tarifas transitórias, em MT 2016/2015



Fonte 26-ERSE: TARIFAS E PREÇOS PARA A ENERGIA ELÉTRICA E OUTROS SERVIÇOS EM 2016

### 7.3 – Investimento Inicial.

O investimento total estimado que o pavilhão/estacionamento coberto necessita para ser uma realidade é de 531 176€. Esta quantia corresponde à soma do preço dos painéis PV, do conjunto de inversores, das *string boxes*, da estrutura de suporte principal, da mão-de-obra da montagem dos PV e respectivas guias e grampos, dos cabos de BT, do registo e certificado de produção, do custo dos projectos e do custo do regime compensatório de UPAC anual.

Tabela 3-Custo estimado do projecto

Paineis PV [€]	98739
inversores [€]	23000
string boxes [€]	6700
Estrutura principal [€]	357500
montagem PV [€]	26000
Cabos BT [€]	6096
Registo +certif. De produção [€]	615
Compensação anual UPAC [€]	2526,3
Custo projectos [€]	10000
Investimento Inicial [€]	531176,3

O valor dos módulos fotovoltaicos é equivalente a 1 380 módulos de 135Wp de potência a 0,53€ por cada Wp. Os painéis seleccionados requisitam referência do negativo à terra no lado DC o que faz com que os inversores tenham transformador integrado e isolamento galvânico. Depois de consultados alguns produtos no mercado um fornecedor permitiu chegar à soma descrita na tabela acima que inclui duas unidades de Inversor com o kit de negativo à terra, 4 unidades de *string boxes* inteligentes, os respectivos conectores e fusíveis e sistema de monitorização.

A potência gerada pelo módulo fotovoltaico apresenta níveis de tensão muito elevados e correntes muito pequenas. O fornecedor do Inversor transformador não dispõe de *string boxes* que consigam dar resposta ao sistema montado, pelo que foi necessário complementar os dispositivos da Sunway com as MidNite Solar MNPV10-1000 Combiner (*string boxes*).

A cobertura fotovoltaica e a plataforma suspensa são suportadas por elementos estruturais metálicos que transmitem os esforços actuantes ao solo por intermédio de fundações. A tabela regista um valor de 357 500€ referente aos trabalhos de preparação dos pavimentos, da implantação da estrutura principal, da instalação da plataforma suspensa, de todos os elementos metálicos, de todos os materiais necessários, de todos os dispositivos de iluminação e alimentação do espaço coberto e toda a mão-de-obra. À falta de melhor informação considerou-se o preço de 275€ por m2 construído.

O valor para a montagem dos painéis inclui a mão-de-obra, as guias de fixação, os grampos de fixação e as ligações DC (corrente contínua) e AC (corrente alternada).

A conexão entre os Inversores e o PT2 é feita por 2 Cabos BT VAV 0,6/1kV 3x300+1x150mm<sup>2</sup> que percorrem 150m de distância.

O registo de unidade de produção na modalidade de autoconsumo (UPAC) com injeção de potência na rede é efectuado segundo o pagamento de uma taxa de 500€+Iva, sendo emitido um certificado de exploração.

As UPACs após emissão de certificado de produção são obrigadas ainda a entregar uma verba mensal durante um período máximo de 10 anos como medida compensatória dos investimentos públicos que tiveram na base de uma política energética mais sustentável. No investimento inicial o valor a considerar é o de um ano.

Por fim, é adicionado ao investimento inicial os custos relacionados com respectivos projectos das várias especialidades necessários à concretização da obra.

#### 7.4 – Financiamento

Os projectos de instalações energéticas são sempre projectados para grandes períodos de operação, pois envolvem grandes verbas de investimento inicial. Contudo, as instalações de energias renováveis ainda que necessitem de um grande investimento inicial não acumulam despesas sucessivas com combustíveis para o seu financiamento. As instalações de geração fotovoltaica, tal como outras renováveis, implicam um grande investimento na sua implantação, porém, as suas despesas de Operação e Manutenção são muito inferiores às suas congéneres a combustíveis fósseis. Independentemente de terem menos custos no decorrer do seu tempo de vida, como o investimento inicial é muito avultado, a sua viabilidade só é possível num plano a longo prazo.

Reunidas as verbas e atingido um valor referencial para a realização do estacionamento coberto foram projectados 2 cenários económicos distintos de financiamento. Um, cujo capital é financiado a cem por cento e outro, onde a soma é conseguida por capitais próprios.

No caso do financiamento total do capital estabeleceu-se como taxa de juro de 4,6% para um projecto com uma vida útil de 15 anos e de 3,69% num investimento a 20 e a 25 anos. A taxa de juro de 4,6% é a que se encontra no meio termo das oferecidas no mercado relacionadas com a produção de energia renovável. A mais baixa era de 3,69%, enquanto a mais elevada era de 5,5%. Todas estas taxas estão indexadas a pequenos empreendimentos cujo retorno encontra-se balizado entre os 72 e os 120 meses. Optando pelo cenário menos atractivo não se reduziu o valor da taxa embora

seja expectável garantir um juro muito mais atractivo, consequência dos valores envolvidos e do tempo de vida útil do empreendimento.

Na simulação que reflete o investimento por capitais próprios o número de anos de vida do projecto é reduzido para 10.

## 7.5 – Estimativa de resultados

### 7.5.1 – Exploração a 25 anos com financiamento

Caso se estabeleça que a exploração do empreendimento tenha uma duração de 25 anos, a receita anual referente à produção energética seria de 26 172€, verba que ia decaindo 1% por ano até aos primeiros 10 anos e de 0,75% desse período até ao final. A receita decresce porque o rendimento dos painéis decai de ano para ano.

Estabelecendo que os custos de Operação e Manutenção por ano são 0,5% do valor do investimento inicial e que a CUPAC equivale a 615€ anuais ao longo de 10 anos os gastos operacionais da instalação rondam os 7 582€ anuais. Esta despesa serve para a limpeza e manutenção dos espaços e respectivos equipamentos e licenciamento da actividade.

Projectando a exploração por 25 anos obtém-se um cashflow que no primeiro ano apresenta um resultado de 24 152€ e no vigésimo quinto 21 899€. Apesar deste valor parecer muito interessante o facto é que o custo inicial é tão avultado que no final do projecto, de que se espera uma taxa de rentabilidade de 6%, não se consegue obter o retorno do investimento. O valor actualizado líquido final é -124 215€, logo a Taxa Interna de Rentabilidade é inferior à taxa de actualização.

É por esta razão que é necessário desenvolver uma solução que possa transformar este investimento que não apresenta um retorno atractivo só pela geração de energia. Convencidos que o espaço que se projecta apresenta convidativas condições ao desenvolvimento de actividades, procurou-se uma exploração da área disponível para as horas em que o campus é menos utilizado.

Recorrendo a actividades que precisam de grandes áreas cobertas, extrapolou-se que o grande espaço do estacionamento durante 3 dias do ano seria ideal para a realização de um evento, como uma feira tecnológica.

Tomou-se como referência a feira do artesanato na FIL, posto que é um evento de pequena dimensão com rendas pela ocupação de espaço mais acessíveis. No caso da feira do artesanato a renda mais económica é de 80€/m<sup>2</sup> e não inclui água ou electricidade. Cada módulo mínimo de ocupação é de 9m<sup>2</sup>.

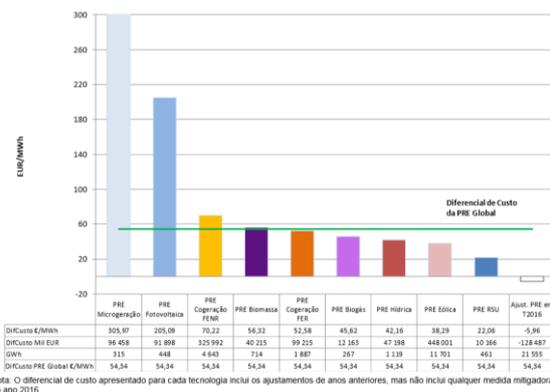
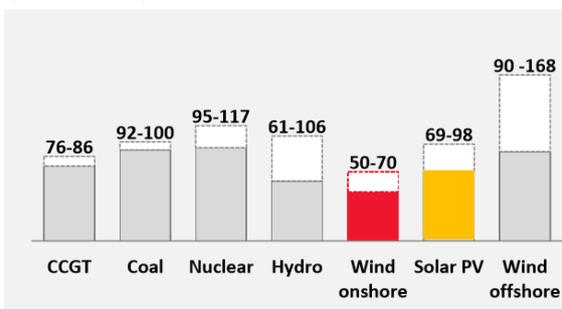
Para o caso de estudo é admitido que o preço para a mesma área teria um valor de 75€/m<sup>2</sup> e já com electricidade incluída. O índice de ocupação considerado foi de 2/3, o que corresponde a 48 stands de um máximo de 72. A receita gerada nestas condições é de 32 400€ a que são retirados 2 400€ para despesas de operacionais.

A atratividade do investimento com a exploração da área coberta torna-se bastante convidativa. O VAL (valor actualizado líquido) passa de -146 319,4€ para 226 274,5€ e a TIR (taxa interna de rentabilidade) apresenta um valor de 11,36%. Estes números são o reflexo de um *cashflow* positivo que quase que duplica o seu resultado anual, iniciando o primeiro ano com 54 152€.

Determinando o *Levelized cost of energy* da geração eléctrica verifica-se que cada MWh instalado tem um custo de 186,3€ se não houver lugar a financiamento pois o factor de anuidade é de 12,78. Recorrendo ao financiamento o LCOE baixa consideravelmente para os 141,7€/MWh. Visto que a superfície coberta apresenta um valor de rentabilização muito considerável e tratando-se do mesmo equipamento não é despropositado contabilizar este valor no LCOE. Assim, esta unidade de medida que permite comparar variadas fontes de energia adopta valores muito interessantes como 66,7€/MWh sem necessidade de financiamento e 32,2€/MWh recorrendo a este mecanismo financeiro.

Conta-se que o retorno do investimento se proceda ao final do 7º mês do 11º ano.

**Levelized Cost of Energy<sup>1</sup> (LCOE)**  
(€/MWh, 2016)



Notes: (1) EDPR Analysis for European Market, Load factors: Wind Onshore @ 27%-36%; Solar PV-one axis tracking @ 23%-27%; Wind Offshore @ 45%-50%; (2) Analysis for an average LCOE  
Fig. 44- LCOE por tecnologia ; Diferencial de custo por tecnologia de PRE por unidade produzida  
Fonte 27- EDPR; ERSE -Entidade Reguladora para os Serviços Energéticos

### 7.5.2 – Exploração a 20 anos com financiamento

O investimento a longo prazo é muito atractivo; porém se se encurtasse o tempo de vida da exploração em 5 anos continuaria a ser interessante economicamente o desenvolvimento do projecto?

É natural que ao encurtarmos o período de vida o factor de anuidade decresça para os 11,47 e logo o LCOE ascenda para os 214,8€/ MWh sem recurso a financiamento. Com financiamento

este valor reduz-se para 181,8€ por cada MWh instalado. Ainda assim a TIR do empreendimento é bastante atractiva pois situa-se nos 10,05% para um VAL igual a 149 468,8€ por altura do termo da exploração. Inserindo na equação as verbas geradas por um evento anual nos moldes anteriormente definidos, os números do LCOE sem financiamento e com financiamento são 85,7€/MWh e 52,6€/MWh, respectivamente. E o retorno do capital investido deve ocorrer no 11º dia do 11º mês do 12º ano.

#### 7.5.3 – Exploração a 15 anos com financiamento

Os avanços tecnológicos que nos últimos anos têm sido muito rapidamente adoptados pela indústria da energia fotovoltaica têm provocado uma acelerada desvalorização dos equipamentos num curto espaço de tempo. A tecnologia a cada ano cria um fosso de eficiência acentuado face aos aparelhos que eram disponibilizados anteriormente. O custo das instalações também acompanha este progresso tornando-se cada vez mais económico e acessível a instalação de uma unidade de produção fotovoltaica.

Face a esta realidade uma exploração com um tempo útil de 15 anos parece ser o mais consensual num projecto desta envergadura pois permite que o empreendimento possa ser actualizado por melhor tecnologia sem ser penalizado economicamente.

As previsões obtidas permitem afirmar que a instalação de 186,3 kWp é sedutoramente apetecível no actual contexto socio-económico pois indicam que no final dos 15 anos de desempenho a Taxa Interna de Rentabilidade é de 6,53%.

O valor do VAL é de 16 642,1€ findo o tempo de vida útil deliberado. Nas projecções de resultados a 15 anos a taxa de actualização manteve-se nos 6%, todavia, o juro considerado no financiamento a 100% já foi de 4,6% e não os 3,69%. O tempo de recuperação do investimento é de 14 anos e 5 meses após o seu início.

Para o período a 15 anos a instalação tem um LCOE 248,2€/MWh se só produzir electricidade. Se acrescentarmos a exploração do espaço coberto o LCOE decresce drasticamente para 119,1€/MWh. O recurso ao modelo financiado faz com que o LCOE seja de 228,7€/MWh sem obter rendimentos da utilização do espaço, caso incorpore esta receita são necessários 99,6€ para obter um MWh de energia eléctrica.

#### 7.5.4 – Exploração a 10 anos capitais próprios

Uma vez que a taxa interna de rentabilidade ainda apresenta alguma margem de manobra foi realizado um cenário ainda mais exigente. Assumiu-se as mesmas condições de rentabilidade e energia dos cenários anteriores mas agora a exploração tem um limite de 10 anos de funcionamento.

Sob as mesmas condicionantes dos outros cenários económicos estudados, o projecto é inviável num período tão curto. O que levou a que, embora não se diminuísse os factores de retorno esperados, se aumentasse a receita. O valor da receita é maior por se somar mais uma actividade

ou evento, considerando que a lotação da realização de ambas as feiras anuais mantêm os 66,6% de adesão.

Com um índice de ocupação máximo o cashflow anual sobe para 85 904€ pelo aumento da receita da exploração da área abrigada em 32 076€ por ano. O VAL adquire o valor de 75 079€ e a TIR é de 8,94%, o que faz com que o período de recuperação do investimento seja de 8 anos, 8 meses e 10 dias. Supondo que a adesão aos eventos não é tão forte como esperado procurou-se encontrar qual o índice de ocupação que tem de ser atingido para o projecto ter uma rentabilidade superior a 6%. Se cada evento ou actividade tiver uma taxa de atractividade superior a 56% o projecto cumpre coma as premissas de validação económica.

## 7.6- Fundos comunitários

Assumido o acordo entre Portugal e a Comissão Europeia que define os objectivos e as políticas que levam a práticas mais ecológicas e sustentáveis por parte de todos os Estados Membros da União Europeia, o Estado português desenvolveu o Programa 2020.

Tendo por base uma política de desenvolvimento económico, social e cultural que visa apoiar as actividades económicas que se proponham ter uma relação mais ecológica com o ambiente, o programa contempla o recurso a fundos europeus estruturais e de investimento (FEEI).

Neste momento o programa está desenhado para o intervalo temporal entre 2014 e 2020. Visto que a natureza do projecto de instalação fotovoltaica de autoconsumo está claramente abrangida pelos requisitos enumerados para a elegibilidade dos programas de cofinanciamento, o ISEL pode socorrer-se deste mecanismo de cofinanciamento.

A complexidade da candidatura não permite que seja apresentada nestas páginas uma simulação, contudo, mencionam-se alguns pontos constantes no Decreto-Lei n.º 159/2014, de 27 de Outubro, que permitem ter uma noção dos apoios e incentivos à promoção da eficiência energética e das energias renováveis.

Ao abrigo do referido decreto-lei, complementado pelo Regulamento Específico do Domínio da Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (Portaria nº 238/2016, de 31 de Agosto) "*pode beneficiar dos apoios dos FEEI qualquer entidade, singular ou coletiva, do setor público, cooperativo, social ou privado, com ou sem fins lucrativos*"<sup>6</sup>.

Todas as despesas apresentadas no capítulo anterior podem ser elegíveis para financiamento segundo o nº1 do artº 7º da Portaria nº 238/2016. Como o cofinanciamento apresenta uma

---

<sup>6</sup> Portaria n.º 238/2016 de 31 de agosto: Anexo-Regulamento Específico do Domínio da Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos

condição específica para a produção em autoconsumo, a taxa de cofinanciamento pode chegar a 20% do valor total do empreendimento fotovoltaico. Este apoio a conceder pelo Programa Operacional assume a forma de subvenção reembolsável, embora a parcela que corresponde a projectos e licenciamentos seja não reembolsável.

Durante o retorno do valor subvencionado todo o comportamento energético e financeiro é monitorizado de forma a assegurar que o projecto cumpre com os objectivos a que se propôs nos termos da sua candidatura.

Na eventualidade da candidatura deste projecto ser aceite pela entidade gestora dos projectos da plataforma Portugal 2020, 106 235€ seria a soma a subvencionar pelo FEEL. Deste modo o investimento inicial para um período de exploração de 15 anos a ser financiado através de outros mecanismos passaria de 531 176€ para 432 646,9€. Isto quer dizer que os 106 235€ seriam reembolsados ao longo do tempo de vida do projecto a uma taxa de juro igual a zero.

Na utilização da instalação durante 15 anos a redução da verba inicial a ser financiada a um juro de 4,6% faz com que a atractividade do investimento seja muito maior. O período de retorno do investimento é reduzido para 10 anos, 8 meses e 22 dias, a TIR sobe até os 8,1% assim como o VAL atinge os 227 577,4€.

A possibilidade de recurso aos instrumentos de cofinanciamento por parte dos fundos europeus faz com que o risco do investimento nestas instalações de tecnologia emergente seja muito mais reduzido. Por outro lado, permitem um acesso mais fácil e flexível ao capital necessário à realização destas estruturas menos convencionais.

## 8 – Valorização Patrimonial

### 8.1 – Património material

Actualmente as instalações do ISEL já contam com imensas soluções e serviços que permitem os seus discentes, docentes e colaboradores realizarem melhores trabalhos e terem acessos a melhores recursos.

Um pavilhão de Verão que é um estacionamento coberto, um espaço de estudos, uma área de partilha e um gerador de electricidade é, inequivocamente, um equipamento que melhora substancialmente toda a experiência de se frequentar o ISEL.

O campus não dispõe de estacionamento coberto que evite que os seus utilizadores possam abandonar as suas viaturas sem o incómodo de apanhar uma chuvada, ou de terem a possibilidade de os veículos se encontrarem protegidos das mais adversas condições climáticas. Ao adoptar a instalação fotovoltaica proposta, com certeza que todos os que percorrem o campus terão melhores condições de o fazer do que anteriormente. Se beneficiar de um estacionamento abrigado já assegura uma mais valia a todos os que têm de utilizar o transporte individual para chegarem aqui, então se no mesmo espaço estiverem instalados dois pontos de carga rápida para veículos eléctricos consegue-se reduzir de forma substancial o esforço e os custos indirectos de todos os utilizadores que, em boa hora, arriscaram em adoptar soluções mais sustentáveis de mobilidade.

Durante o ano lectivo de 2015/2016 muitos foram os dias em que as salas de estudo que se encontram no edifício localizado no extremo sul não foram suficientes para os alunos que as procuravam. A construção de um espaço que reúne todas as condições para que qualquer indivíduo possa ter um local onde possa desenvolver o seu estudo em todos os períodos em que não está em aulas é fundamental. É basilar poder oferecer um local onde o trabalho em grupo pode ser realizado e incentivado, para além dos compartimentos “atafuhados” de mesas mas escassos em tomadas.

O ISEL pode ter a possibilidade de reduzir até a sua despesa nos horários pós-laborais se os seus alunos se estabelecerem num lugar muito mais eficiente energeticamente em relação aos existentes. Quem frequenta o instituto tem consciência de que este tem a amabilidade de abrir as salas de aula mais cedo para que os alunos se reúnam e preparem as lições. Porém também se tem consciência de que apenas um aluno pode estar a consumir o mesmo recurso de 22 ao nível da iluminação.

Não obstante o provisionamento de melhores e maiores áreas de estudo, a construção que se propõe tem de ter a capacidade de ser utilizada nos períodos em que não são leccionadas aulas. E para estes períodos, em que quase todos os edifícios do ISEL estão encerrados, seria muito produtivo contar com um local sempre aberto, quer ao trabalho dos alunos quer a qualquer evento que possa ser programado. Como o espaço de estudo está por cima do estacionamento, e muito mais próximo do tecto, torna-se muito mais recolhido e intimista.

Dada a natureza arquitectónica desta plataforma que se encontra no piso 1 cabe à instituição decidir se pretende desenvolver um programa anual que englobe actividades tão interessantes e empreendedoras como apresentações de publicações, cenários de gravações, seminários, formações profissionais, conferências, lançamentos de discos ou qualquer outro produto de media, pequenos concertos, mostras de arte, exposições, entre outras tantas coisas que se podem enumerar. Acrescente-se que pela sua localização dentro do perímetro do recinto, o pavilhão de telhado negro apresenta um enorme facilidade em ficar isolado do resto do conjunto edificado dando espaço para que algumas das actividades enunciadas possam ser fonte de rendimentos.

Independentemente de qualquer programação cultural e educativa, os diversos departamentos que constituem o ISEL ficam a dispor de um lugar dedicado à experimentação.

Nada é mais recompensador para qualquer aluno do que ver o fruto do seu estudo e dedicação concretizado em matéria e em pleno funcionamento. A materialização da grande cobertura solar é o local onde todas as variadas disciplinas leccionadas no instituto superior podem recorrer de modo a melhorarem a experiência de quem a utiliza.

Tomemos como exemplo o departamento de engenharia civil. Os alunos inscritos neste curso podem desenvolver o dimensionamento e comportamento estrutural do espaço coberto ou realizarem estudos aos materiais e técnicas de fixação. Os discentes em engenharia de telecomunicações podem visitar e melhorar as redes de telecomunicações do pavilhão. Aos de electrónica pode ser-lhes pedido que desenvolvam sistemas de comando e controle. Enquanto que aos de informática e computadores a gestão de uma plataforma digital *online* exclusiva deste espaço pode dar azo a algumas teses de mestrado. Os futuros engenheiros electrotécnicos ficam com oportunidade de terem aulas práticas, desenvolverem melhores instalações eléctricas e testarem soluções electrónicas, como por exemplo actualizar ou construir os postos de carregamento rápido, os dispositivos de iluminação e comando e controle.

Focando esta zona do campus retira-se que os projectores que alumiam o estacionamento são insuficientes para desobstruir a barreira escura que se abate sobre o terreno reservado à imobilização de viaturas quando a luz solar desaparece. Os recintos desportivos, de facto, precisam dos projectores para a prática dos desportos, contudo, estes não são necessários diariamente. Nos cantos da área rectangular livre de edificações encontram-se os postes que contêm os potentes projectores para iluminarem a região mais próxima da estação de metro. Como a cota do recinto é muito mais elevada que a das vias públicas que a circunscrevem, a iluminação pública não contribui para a sua exposição à luz artificial.

O estacionamento coberto e a plataforma suspensa também necessitam de iluminação. No entanto os espaços a iluminar podem sê-lo por meios muito mais eficientes e económicos que os existentes. Tal incremento de focos luminosos aliados ao posicionamento central da superfície projectada transforma o que parece ser "largo", obscuro e deserto num convite à socialização e à permanência. Há ainda a possibilidade de integrar a tecnologia "LI-FI" no sistema luminoso, gerando uma rede segura de acesso à internet reduzindo a presença de ondas electromagnéticas.

A conversão de um espaço escuro isento de pessoas para outro que é animado pelos reflexos e sombreados de uma luminosidade morna repleto, de som, assegura o reforço da segurança desta área do campus. Na eventualidade dos alunos receberem bem as novas instalações muito dificilmente qualquer dos seus elementos será alvo de vandalização.



Fig. 45- Fotomontagens estacionamento coberto

Evidentemente que uma superfície coberta com cerca de 1 296 m<sup>2</sup>, aparentemente sem qualquer obstáculo, não é um espaço muito comum na cidade, o que o torna bastante atractivo para determinados eventos como feiras. O facto de a cobertura prismática não se assemelhar com qualquer outra estrutura que tenha como função abrigar viaturas é fundamental para a sua flexibilidade de utilização.

A produção energética conseguida pela superfície multi regrada valoriza o património da instituição superior pois torna-a mais independente de fenómenos exteriores ao seu controle. Ainda que a energia eléctrica realmente produzida só possa ser aferida com a instalação em funcionamento, a monitorização e registo do seu comportamento tem a capacidade de vir a ser uma valiosa ferramenta do estudo de pequenos empreendimentos fotovoltaicos multifacetados. Existe, portanto, um território de investigação muito rico em aberto.

Um dos grandes desafios dos operadores de redes é a previsão da produção de energia solar, de modo a gerir eficazmente a energia a disponibilizar a todo o segundo. Um dos últimos recursos a serem adoptados foi a utilização de câmaras de vídeo em *live streaming* permanente que vão “observando” o céu com especial atenção à presença de nuvens. Apesar dos modelos de previsão serem ainda muito falíveis em intervalos de tempo superiores a 10 minutos. A situação mencionada provoca uma grande procura por dados precisos e locais que sejam fiáveis e detalhados de modo a melhorar o modelo de previsão da energia solar.

Como é natural a instalação energética vai acabar por chegar ao seu fim de vida. Consoante a duração do projecto assim será a sua reciclagem. Projectou-se o maior número de equipamentos e materiais recicláveis, não só pelo princípio ecológico, mas também pelo retorno económico que tais materiais ainda podem gerar, dinamizando a economia sustentável.

## 8.2 – Património imaterial

A edificação de coberturas para estacionamento com recurso a células fotovoltaicas não é inédito nem sequer raro. Verificamos que muitos grupos económicos detentores de grandes superfícies comerciais têm vindo a adoptar esta prática. O que acontece é que as qualidades espaciais que tais lugares adquirem encerram qualquer possibilidade de outro uso para além de estacionar a viatura. Uma Instituição como o Instituto Superior de Engenharia de Lisboa merece ter uma estrutura que abrigue os automóveis e produza energia eléctrica sem ser confundida com um supermercado. Se reproduzisse o modelo aplicado nestas superfícies comerciais como se distinguiria de qualquer uma delas?

Terá um produto arquitectónico impacto suficiente para reposicionar uma Instituição de ensino superior no meio académico? Qual é a mensagem que o ISEL transmite com um edifício tão enigmático como o que se propõe? Procurou-se responder a estas questões com a edificação da instalação fotovoltaica.

Ambiciona-se que a introdução de uma superfície fotovoltaica com as características que foram descritas ao longo deste texto permita gerar um foco de atracção visual na área urbana onde se encontra o ISEL. Pretende-se com este objecto arquitectónico esse mediatismo gerado por um elemento bem distinto das outras edificações, de modo a que os actuais alunos como os seus futuros pares possam imediatamente identificar o ISEL e distingui-lo das outras instituições.

A engenharia centrada no tema das renováveis ainda não desempenha em qualquer instituição de ensino superior o papel principal de estudo ou aplicabilidade. Cada dia que passa a aposta nas energias renováveis e nas tecnologias que as acompanham é mais recompensadora. Muitos institutos superiores trabalham sobre temas das energias renováveis. Todavia, a sua atenção e dedicação sobre esta vertente da produção energética apresenta sempre uma posição marginal onde grande parte da investigação é de formulação teórica ou de cariz isolado.

No panorama académico português há um espaço disponível para que uma entidade se torne a referência no ensino e investigação da Engenharia das Energias Renováveis. Esse lugar distinto tem de ser tomado e estabelecido.

O reconhecimento de uma posição dominante no contexto cada vez mais competitivo da oferta lectiva reveste-se de uma importância cada vez mais fundamental para o crescimento de um estabelecimento de ensino. A quantidade desmesurada de meios de comunicação e difusão da informação embora ofereça um território de fácil de publicitação promove o aparecimento de muita desinformação. Este aspecto dos hábitos de vida digital veio dificultar a opção de qualquer interessado em investir no ambiente académico mais adequado aos seus interesses. Assim, é necessário recorrer a outros mecanismos que traduzam de forma mais verdadeira o que a instituição de ensino oferece.

A presença de uma edificação de energia renovável, onde é incentivada a participação dos discentes e onde estes podem desenvolver projectos num ambiente informal, em conjunto com os seus docentes e outros intervenientes da indústria energética, dificilmente não é uma experiência enriquecedora. O contacto promovido por um espaço comum materializado por princípios e aspirações ecológicas e sustentáveis suporta a toda a retórica e conceitos teóricos que diariamente são transmitidos aos engenheiros de amanhã. Que valor tem esta consciencialização de mudança do paradigma energético num só indivíduo no momento em que nos encontramos perante o maior desafio da sobrevivência planetária?

Seria ainda muito útil medir os níveis de satisfação e realização pessoal de cada aluno que vê o seu projecto materializado. Tal como seria de extrema utilidade conseguir atribuir um valor à capacidade de cada aluno conseguir desenvolver um projecto em grupo, principalmente se o conjunto de trabalho for de áreas diferentes, onde cada um tem de se moldar por um objectivo comum.

Evidentemente que não é um edifício, por muito boa que seja a sua arquitectura, que consegue produzir as situações descritas que são aspirações de qualquer estabelecimento de ensino. No entanto, a arquitectura tem sim a capacidade de oferecer o melhor território para que estas virtudes e hábitos tenham maior probabilidade de se tornarem realidade.

O que esta estrutura arquitectónica tem é a capacidade de aproximar um ideal que sintetize inovação, conhecimento, pertinência, coragem, dissonância, informalidade, elegância, igualdade, vanguarda e competência com a prática desses mesmos atributos desenvolvendo um símbolo identitário.

Convém tornar a vincar que não é a arquitectura que define o ISEL, embora possa expressar o que define a instituição. Questiona-se através deste projecto se o Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, absorto no seu ecletismo, deseja aproximar-se de uma definição muito mais estrita e clara.

A experiência arquitectónica proposta para o espaço académico formaliza um conjunto de desafios e interrogações contemporâneas. Pode a cidade ser o novo território industrial? O da

nova indústria do conhecimento e da inovação? Serão as alterações climáticas responsáveis por uma nova arquitectura emergente? Será inevitável o futuro das cidades ser o resultado de uma integração mais densa entre engenharia e arquitectura? E será possível aprofundar essa relação entre as ciências exatas e as humanas para lá das experiências anteriores?

É imprescindível introduzir um território de estudo, um marco referencial, um tubo de ensaio, do qual possam ser retirados dados e conclusões que permitam extrapolar para outros locais melhores formas de viver, ou pelo menos, tentar criar uma brecha temporal que nos permita ter um vislumbre do futuro.

## Considerações finais:

A proposta arquitectónica aqui descrita corresponde a um estudo prévio que tem apenas a finalidade de fomentar uma discussão na forma como são projectadas as instalações de energia renovável. Qualquer outro exercício projectual desta natureza com a duração de 3 meses estaria condenado ao fracasso.

É natural e espectável que o projecto tenha imensas falhas, situações que necessitem mais atenção, soluções que não estão bem definidas e mesmo aspectos que têm de ser totalmente reformulados.

Um melhor projecto será sempre o que conta com a maior colaboração de especialistas e utilizadores. E esse projecto ideal não tem fim, ou é sempre o próximo.

Muitas das dúvidas projectuais e funcionais só poderão ser respondidas quando estiver em análise um projecto de execução, o que não é o caso.

“Não queiras, Lídia, edificar no espaço  
Que figuras futuro, ou prometer-te  
Amanhã. Cumpre-te hoje, não ‘sperando.  
Tu mesma és tua vida.

Não te destines, que não és futura.  
Quem sabe se, entre a taça que esvazias,  
E ela de novo enchida, não te a sorte  
Interpõe o abismo?.”

In "*Cumpre-te Hoje, não Esperando*"  
Ricardo Reis,

## Referências bibliográficas

- AR5, I. W. (2016). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Bern, Switzerland.
- Aris, C. M. (1999). *Silencios Elocuentes*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Baeza, A. C. (2015). *Ideia Construída*. Caleidoscópio.
- Bartlett, A. (1978). Forgotten Fundamentals of the Energy Crisis - overview. *American Journal of Physics*, 46-876.
- Bartlett, A., Fuller, R. G., & Clark, V. L. (s.d.). *The Essential Exponential! For the Future of Our Planet*. Bolder: University of Colorado .
- Benjamin, W. (2014). *La Obra De Arte En La Epoca De Su Reproduccion Mecanica* . AMORRORTU.
- Castro, R. M. (2008). *Energias Renováveis e Produção Descentralizada: INTRODUÇÃO À AVALIAÇÃO ECONÓMICA DE INVESTIMENTOS* . Instituto Superior Técnico.
- Castro, R. M. (2008). *Energias Renováveis e Produção Descentralizada: INTRODUÇÃO À ENERGIA FOTOVOLTAICA* . Instituto Superior Técnico.
- Corbusier, L. (1983). *Le modulator*. Paris: L` Architecture d` Aujourd`hui.
- Corbusier, L. (1998). *Essential Le Corbusier: l'esprit nouveau articles*. Oxford: Archirectual Press.
- Falcão, A. F. (2008). *Energia Solar: Movimento e posicionamento relativos Terra-Sol* . Instituto Superior Técnico.
- Giedion, S. (2009). *Space, Time and Architecture: The Growth of a New Tradition* . Harvard University Press.
- GREENPRO. (2004). *Energia Fotovoltaica: manual sobre tecnologias, projecto e instalação*. Instituto Superior técnico.
- Gregotti, V. (2001). *Território da Arquitectura*. Perspectiva.
- Häberlin, H. (2012). *Photovoltaics: System Design and Practice*. Wiley .
- IRENA. (2015). *Renewable Power Generation Costs in 2014*.
- Pessoa, F. (2013). *Poesia de Álvaro de Campos*. Assírio & Alvim .
- Reis, R. (1996). *Odes*. Publicações Europa-América.
- Saramago, J. (2016). *Memorial do Convento*. Porto Editora.
- Sequeira, A. R. (2011). *MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA: ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÓMICA*. Universidade Católica Portuguesa.
- Shigeru Ban, R. M. (2009). *Shigeru Ban: Paper in Architecture*. Rizzoli International Publications.
- Sola-Morales, I. d. (2004). *Diferencias. Topografía de La Arquitectura Contemporanea*. Editorial Gustavo Gili.

## Referências electrónicas

- Agência Portuguesa do Ambiente. (s.d.). *apambiente.pt*. Obtido de Agência Portuguesa do Ambiente: <http://www.apambiente.pt/>
- Antec Solar GmbH. (s.d.). *www.antec-solar.de/home*. Obtido de AntecSolar : <http://www.antec-solar.de/home/>
- AVANCIS GmbH - A CNBM Company. (2016). *www.avancis.de/en*. Obtido de AVANCIS CNBM: <http://www.avancis.de/en/>
- Calyxo GmbH. (2016). *calyxo.com/en*. Obtido de Calyxo: <http://calyxo.com/en/>
- Climate Change 2014: Synthesis Report* . (s.d.). Obtido em 5 de Julho de 2016, de Fifth Assessment Report (AR5) : <http://ar5-syr.ipcc.ch/>
- CRITICAL-KINETICS. (s.d.). *critical-kinetics.pt*. Obtido de CRITICAL KINETICS Energy Consultants: <http://www.critical-kinetics.pt/>
- Diário da República electrónico. (2016). Decreto-Lei n.º 153/2014 de 20 de Outubro. Portugal.
- Direcção-Geral de Energia e Geologia. (s.d.). *dgeg.pt*. Obtido de Direcção-Geral de Energia e Geologia: <http://www.dgeg.pt/>
- EDP Energias de Portugal. (2009). *EDP.pt*. Obtido de Edp: <http://www.edp.pt/pt/Pages/homepage.aspx>
- EDP Energias de Portugal. (s.d.). *edpdistribuicao.pt*. Obtido de Edp Distribuição: <http://www.edpdistribuicao.pt/pt/Pages/homepage.aspx>
- EDP Renováveis. (2016). *EDPR.com*. Obtido de Edp Renováveis: <http://www.edpr.com/>
- Elettronica Santerno SpA. (s.d.). *santerno.com*. Obtido de Santerno carraro group: <http://www.santerno.com/home.html>
- ERSE. (2009). *ERSE.pt*. Obtido de ERSE: Entidade Reguladora para os Serviços Energéticos: <http://www.erse.pt/pt/Paginas/home.aspx>
- European Commission, Joint Research Centre. (2012). *re.jrc.ec.europa.eu/pvgis*. Obtido de Joint Research Centre Institute for Energy and transport: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- FCGAB LDA. (2013). *fcgab.pt*. Obtido de FCGAB Engenharia e gestão de obra, Lda: <http://www.fcgab.pt/ptpt/pt/>
- Ferribatalha S.A. . (s.d.). *ferribatilha.pt*. Obtido de Ferribatalha S.A. – Estruturas e Coberturas Metálicas: <http://www.ferribatilha.pt/>
- Groundsky Lda. (s.d.). *www.groundsky.pt*. Obtido de Groundsky - Construções metálicas: <http://www.groundsky.pt/>
- i9energy - energias renováveis . (2015). *i9energy.pt*. Obtido de i9Energy renewable: <http://www.i9energy.pt/>
- KUATTRO Design . (2016). *nanosteel.pt*. Obtido de Nanosteel: <http://nanosteel.pt/>
- Leite, J. (16 de 4 de 2014). *Instituto Superior de Engenharia de Lisboa*. Obtido de Restos de Colecção: <http://restosdecoleccion.blogspot.pt/2014/04/instituto-superior-de-engenharia-de.html>
- LG Electronics. (2014). *www.lg-solar.com*. Obtido de LG-solar: <http://www.lg-solar.com/global/index.jsp>

- Luxor Solar GmbH . (2016). *luxorsolar.com/index.htm*. Obtido de Luxor the sunshine people: <http://luxorsolar.com/index.htm>
- National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine . (s.d.). *https://www.ncbi.nlm.nih.gov*. Obtido de NCBI National Center for Biotechnology Information: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- PER. (2009). *energiasrenovaveis.com*. Obtido de Energias Renováveis: <http://energiasrenovaveis.com/>
- Photovoltaic-software.com. (2013). *photovoltaic-software.com/pvgis.php*. Obtido de PHOTOVOLTAIC & SOLAR ELECTRICITY DESIGN TOOLS: <http://photovoltaic-software.com/pvgis.php>
- Portal da Energia. (s.d.). *portaldaenergia.com*. Obtido de Portal da Energia: <http://portaldaenergia.com/>
- Portal Gestão. (s.d.). *https://www.portal-gestao.com*. Obtido de Portal Gestão: <https://www.portal-gestao.com>
- REC Solar. (2016). *www.recsolar.com*. Obtido de REC Solar: <http://www.recsolar.com/#welcome>
- REN21:Renewable Energy Policy Network for the 21 Century. (2016). *www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report*. Obtido de Global Status Report - REN21: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21\\_GSR2016\\_KeyFindings\\_en\\_10.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21_GSR2016_KeyFindings_en_10.pdf)
- REN-Rede Electrica Nacional. (s.d.). Obtido de REN.pt: <http://www.ren.pt/>
- Solibro GmbH. (s.d.). *solibro-solar.com*. Obtido de Solibro a Hanergy company: <http://solibro-solar.com/en/home/>
- Sunenergy. (2013). *www.sunenergy.pt*. Obtido de sunenergy: <http://www.sunenergy.pt/contents/>
- Taggart, A. (2016). *https://www.peakprosperity.com/podcast/97983/m-king-hubbert-limits-oil*. Obtido de M. King Hubbert: The Limits To Oil: Inside the mind of the father of Peak Oil : <https://www.peakprosperity.com/podcast/97983/m-king-hubbert-limits-oil>
- U.S. departement of Energy. (s.d.). *www.energy.gov/eere/sunshot/cadmium-telluride*. Obtido de Energy.gov: <http://www.energy.gov/eere/sunshot/cadmium-telluride>
- U.S. Department of Energy. (s.d.). *www.nrel.gov*. Obtido de NREL National Renewable Energy Laboratoty: <http://www.nrel.gov/>
- working Groups I, II and III to the Fith Assesment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). *IPCC,2014: Climate Change: Synthesis report*. Geneve, Switzerland: International Panel on Climate Change.
- www.sunearthtools.com. (2009). *www.sunearthtools.com*. Obtido de sunearthtools.com: <http://www.sunearthtools.com/>

## Referências cinematográficas:

Alexis Barbier-Bouvet, T. R. (Realizador). (2015). *Climate: A Few Degrees Less* [Filme].  
Caprio, L. d., & Stevens, F. (Realizadores). (2016). *Before the flood* [Filme].  
Guggenheim, D. (Realizador). (2006). *An Inconvenient Truth* [Filme].

## Índice de figuras

FIG. 1- CARTA GEOGRÁFICA DE LISBOA ORIENTAL.....	13
FIG. 2 - FOTOGRAFIA AÉREA SOBRE O CAMPUS DO ISEL .....	13
FIG. 3 - MODELO TRIDIMENSIONAL DO CAMPUS DO ISEL .....	15
FIG. 4- FOTOGRAFIAS DO CAMPUS DO ISEL DÉC DE 70. ....	15
FIG. 5 - FOTOGRAFIAS ISEL 2016: ESQ - FOTO AÉREA; DIR – ENTRADA NASCENTE.....	16
FIG. 6 E FIG. 7 - POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO ISEL: PT1 E PT2.....	17
FIG. 8- PLANTA COM ESQUEMA ELÉCTRICO .....	17
FIG. 9- ESQUEMA ELÉCTRICO ISEL .....	18
FIG. 10- PT1_ ESQ PARA DIR: CELAS EDP; TRANSFORMADOR POTÊNCIA E CELAS ISEL; QUADRO GERAL BT E BAT. DE CONDENSADORES.....	19
FIG. 11-PT2_ ESQ PARA DIR: CELAS;TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA;QGBT;BATERIAS DE CONDENSADORE .....	20
FIG. 12 - PLANTA DE CIRCULAÇÃO RODOVIÁRIA ISEL .....	20
FIG. 13 E FIG. 14 - FOTOS DO PARQUE ESTACIONAMENTO DO ISEL.....	22
FIG. 15 E FIG. 16 - FOTOS PARQUE ESTACIONAMENTO ISEL .....	23
FIG. 17 – INDICE DE ENERGIA PELA POTÊNCIA INSTALADA;      FIG. 18 – RADIAÇÃO SOLAR HORIZONTAL DIÁRIA EM PORTUGAL CONTINENTAL .....	24
FIG. 19 - VARIAÇÃO DA INCLINAÇÃO E AZIMUTE SOLAR ANUAL EM RELAÇÃO AO CAMPUS DO ISEL .....	25
FIG. 20 - INCLINAÇÃO RAIOS SOLARES E HORAS DE LUZ SOLAR PARA 21 DE JUN ISEL; FIG. 21 - INCLINAÇÃO RAIOS SOLARES E DURAÇÃO DE LUZ SOLAR PARA 21 DE DEZ ISEL: .....	25
FIG. 22- DIA 20 DE AGOSTO DE 2014 CORRELAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA .....	26
FIG. 23 – DIAGRAMA DA PONTA ANUAL.....	27
FONTE 19: REN-DADOS TÉCNICOS 2015 .....	27
FIG. 24-RADIAÇÃO ANUAL NAS COORDENADAS DO ISEL .....	28
FIG. 25 - TEMPERATURA MÉDIA HORÁRIA POR MÊS .....	29
FIG. 26 - DIAGRAMAS DE CARGA HORÁRIOS .....	33
FIG. 27-TABELA DO VALOR MÉDIO HORÁRIO DE CADA MÊS .....	34
TABELA 1- PRODUÇÃO ENERGÉTICA ANUAL DA INSTALAÇÃO PREDIMENSIONADA EM 175 KWHP .	38
TABELA 2-QUADRO COMPARATIVO DE SOLUÇÕES FOTOVOLTAICAS .....	40
FIG. 28-PAVILHÃO DE VERÃO QTA MONTES MOLINA.....	45
FIG. 29-PAVILHÃO DO BRAZIL- EXPO MILÃO 2015 .....	45
FIG. 30-MAQUETE DA COBERTURA DO ESTACIONAMENTO .....	46
FIG. 31-MAQUETE DA COBERTURA DO ESTACIONAMENTO .....	47
FIG. 32-PLANTA DE IMPLANTAÇÃO .....	49
FIG. 33-PLANTA DA COBERTURA.....	50
FIG. 34-ALÇADO NASCENTE (ENTRADA-METRO) .....	50
FIG. 35-ALÇADO SUL (ALTERAR ALÇADO DEVIDO ÀS REDES DE JOGOS).....	51
FIG. 36- PLANTA ESPAÇO MULTIUSOS/ SALA DE ESTUDO –PISO 1 .....	52
FIG. 37- PLANTA PISO 0 .....	53
FIG. 38-ALÇADO POENTE.....	53
FIG. 39- FOTOMONTAGENS ESPAÇO MULTIUSOS .....	54
FIG. 40- FOTOMONTAGENS ESTACIONAMENTO COBERTO .....	55
FIG. 41 -FOTOMONTAGENS ESTACIONAMENTO COBERTO .....	55
FIG. 42-ESQUEMA DE LIGAÇÕES DO SISTEMA PV.....	56
GRÁFICO 1-IMPACTO DA ENERGIA DA ENERGIA PRODUZIDA PELOS EQUIPAMENTOS PV NO DIAGRAMA DE CARGA DOS CONSUMOS NO CAMPUS .....	58
FIG. 43-CICLO SEMANAL OPCIONAL PARA MAT, AT E MT EM PORTUGAL CONTINENTAL.....	59
GRÁFICO 2-GRÁFICO QUE RELACIONA O VALOR POUPADO EM CADA HORA DE PRODUÇÃO FOTOVOLTAICA SEGUNDO A ORIENTAÇÃO DAS SUPERFICIES GERADORAS DE ENERGIA .....	59
GRÁFICO 3 -EVOLUÇÃO DO PREÇO MÉDIO DAS TARIFAS DE REFERÊNCIA DE VENDA A CLIENTES FINAIS, POR NÍVEL DE TENSÃO.....	60
GRÁFICO 4-EVOLUÇÃO DO PREÇO MÉDIO DAS TARIFAS TRANSITÓRIAS, EM MT 2016/2015 .....	60

TABELA 3-CUSTO ESTIMADO DO PROJECTO .....	61
FIG. 44- LCOE POR TECNOLOGIA ; DIFERENCIAL DE CUSTO POR TECNOLOGIA DE PRE POR UNIDADE PRODUZIDA .....	64
FIG. 45- FOTOMONTAGENS ESTACIONAMENTO COBERTO .....	70

## Apêndices

Os documentos que correspondem aos apêndices encontram-se em formato digital que acompanha este texto.

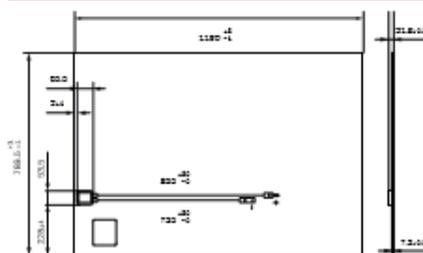
# Anexo I

## (catálogos painéis fotovoltaicos)

### MECHANICAL SPECIFICATIONS

Length	1190 (+3/-1) mm
Width	780.5 (+3/-1) mm
Height	7.3 mm (+ junction box, 14.5 mm)
Weights	16.5 kg
Front cover	4 mm tempered low iron glass with AR coating
Back cover	3 mm float glass
Frame	None
Cell type	IGS (Cu (In, Ga) Se <sub>2</sub> )
Junction box	Protection class IP 65, with 1 bypass diode; 66 mm x 54 mm x 14.5 mm
Cable type	Solar cable 2.5 mm <sup>2</sup> ; (+) 855 (+30/-0) mm; (-) 735 (+30/-0) mm
Connector	MC4

### TECHNICAL DRAWING



### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

PERFORMANCE AT STANDARD TEST CONDITIONS (1000 W/m<sup>2</sup>, 25 °C, AM 1.5 G SPECTRUM)<sup>4</sup>

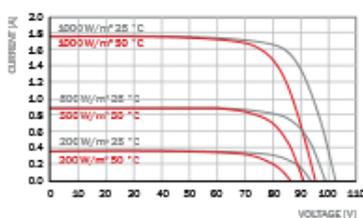
POWER CLASS (+5/-0 W)	[W]	115	120	125	130	135
Minimum Power	P <sub>1000</sub>	115.0	120.0	125.0	130.0	135.0
Short Circuit Current	I <sub>sc</sub>	1.73	1.74	1.75	1.76	1.77
Open Circuit Voltage	V <sub>oc</sub>	97.3	98.7	100.2	101.6	102.6
Current at P <sub>1000</sub>	I <sub>1000</sub>	1.49	1.53	1.56	1.59	1.63
Voltage at P <sub>1000</sub>	V <sub>1000</sub>	77.2	78.4	80.1	81.8	82.8
Module efficiency	[%]	≥ 12.2	≥ 12.8	≥ 13.3	≥ 13.8	≥ 14.4

PERFORMANCE AT NORMAL OPERATING CELL TEMPERATURE (800 W/m<sup>2</sup>, NOCT, AM 1.5 G SPECTRUM)<sup>4</sup>

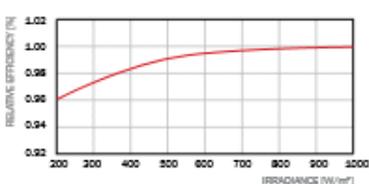
POWER CLASS (+5/-0 W)	[W]	115	120	125	130	135
Minimum Power	P <sub>NOCT</sub>	82.8	86.3	89.7	93.1	97.5
Short Circuit Current	I <sub>sc</sub>	1.39	1.40	1.40	1.41	1.42
Open Circuit Voltage	V <sub>oc</sub>	88.8	90.3	91.7	93.0	94.0
Current at P <sub>NOCT</sub>	I <sub>NOCT</sub>	1.10	1.22	1.24	1.26	1.30
Voltage at P <sub>NOCT</sub>	V <sub>NOCT</sub>	69.8	70.7	72.3	73.9	75.0

<sup>4</sup> Measurement accuracy P<sub>1000</sub> ± 5%; measurement accuracy I<sub>sc</sub>, V<sub>oc</sub>, I<sub>1000</sub>, V<sub>1000</sub> ± 10%. All STC measurements are based on a pre-treatment of modules with 45 kWh/m<sup>2</sup> of light soaking (45 hours at 1000 W/m<sup>2</sup> and MPD) followed by a cool down to 25 °C. Please consider that the voltage of our IGS modules can increase slightly after an initial period of exposure to sunlight. Take a safety factor of +2.5% for V<sub>oc</sub> and V<sub>1000</sub> into account when designing the system.

I-V CURVES AT VARIOUS TEMPERATURES AND IRRADIANCE LEVELS



PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE



The typical relative change in module efficiency (with respect to nominal power) at an irradiance of 200 W/m<sup>2</sup> in relation to 1000 W/m<sup>2</sup> (both at 25 °C and AM 1.5 G spectrum) is +4.0 % rel.

TEMPERATURE COEFFICIENTS AT STC

P <sub>1000</sub> V	[%/K]	-0.37 ± 0.04	I <sub>sc</sub> α	[%/K]	+0.01 ± 0.02	V <sub>oc</sub> β	[%/K]	-0.29 ± 0.04
---------------------	-------	--------------	-------------------	-------	--------------	-------------------	-------	--------------

NOCT

Nominal Operating Cell Temperature [°C] 51 ± 2

### PROPERTIES FOR SYSTEM DESIGN

Maximum System Voltage V <sub>max</sub>	[V]	1000 (IEC) / 800 (UL 1703)	Safety Class	II
Maximum Reverse Current I <sub>r</sub>	[A]	4	Fire Rating	C
Snow Load (Acc. to IEC 61848)	[Pa]	2400	Permitted operating module temperature	-40 °C to +85 °C (-40 °F to +185 °F)
Wind Load (Acc. to IEC 61848)	[Pa]	2400		

### PACKAGING INFORMATION

Measurements including pallet	L 1.313 mm × W 1.131 mm × H 1.016 mm
Approx. gross weight (full box)	770 kg
Maximum no. of stacked boxes for storage	2 on 1 (batch of 3)
Modules per box	44
Max. lorry loading (24 Tons)	30, maximum allowed weight (2 × 8 + 2 × 7)
Max. 40-foot container load (24 Tons)	30, maximum allowed weight (2 × 8 + 2 × 7)

### QUALIFICATIONS AND CERTIFICATES

IEC 61848 (Ed. 2),  
IEC 61730 (Ed.1) application  
class A, UL 1703 (CSA)

The production site is certified  
according to ISO 9001 for Quality  
Management.



The content of this data sheet is  
according to DIN EN 50380.

**NOTE:**  
See the Installation and Operating  
Manual or contact the technical  
service for further information on  
approved installation and use of  
this product.

SOLIBRO GMBH

OT Thalheim, Sonnenallee 32-38 EMAIL [sales@solibro-solar.com](mailto:sales@solibro-solar.com)  
06768 Bitterfeld-Wolfen, Germany WEB [www.solibro-solar.com](http://www.solibro-solar.com)

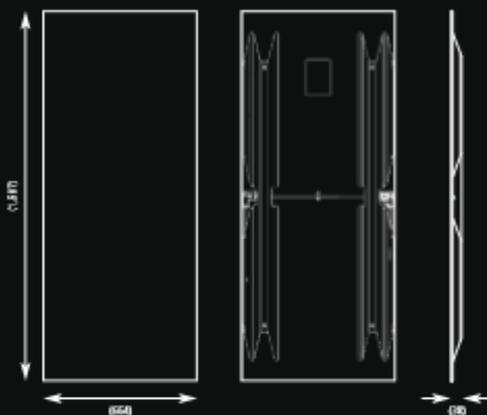
**SOLIBRO** **Hanergy**  
A COMPANY OF

# PowerMax<sup>®</sup> 3.5



## DIMENSIONS

Front, rear and side views (from left to right)



Cross section through glass, cell and clamp



Dimensions in mm



- Design qualification and type approval, IEC 61646
- Safety qualification, IEC 61730
- Ammonia corrosion, IEC 62716
- Salt mist corrosion, IEC 61701

AVANCIS GmbH, Solarstrasse 3, 04860 Torgau, Germany

Tel.: +49 (0) 3421 7388-0  
info@avancis.de

Fax: +49 (0) 3421 7388-111  
www.avancis.de

## MECHANICAL SPECIFICATIONS

PowerMax <sup>®</sup> 3.5	Value
External dimensions	1,587 x 664 mm <sup>2</sup>
Thickness	38 mm
Weight	17 kg
Cell type	IGS
Frame	none
Front cover	3.2 mm tempered glass
Junction box protection class	IP65
Dimensions of the junction boxes	70 x 64 x 13 mm <sup>3</sup>
Cable lengths (☉ plug   ☉ socket)	180   310 mm
Cable cross section	2.5 mm <sup>2</sup>
Connector type	LCA

## ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Data measured under standard test conditions (STC)\*:

PowerMax <sup>®</sup> 3.5	120 W	125 W	130 W	135 W	140 W
Nominal power $P_{max}$	120 W	125 W	130 W	135 W	140 W
Tolerance of nominal power $\Delta P_{max}$	0/+5%	0/+4%	0/+4%	0/+4%	0/+4%
Module efficiency $\eta$	11.4 %	11.9 %	12.3 %	12.8 %	13.3 %
Aperture efficiency $\eta_a$	12.6 %	13.1 %	13.6 %	14.2 %	14.7 %
Open-circuit voltage $V_{oc}$	57.4 V	58.0 V	58.6 V	59.2 V	59.8 V
Short-circuit current $I_{sc}$	3.35 A	3.35 A	3.35 A	3.35 A	3.36 A
Voltage at mpp $V_{mp}$	41.2 V	42.4 V	43.7 V	44.9 V	46.1 V
Current at mpp $I_{mp}$	2.92 A	2.95 A	2.98 A	3.01 A	3.04 A
Limiting reverse current $I_r$	5.0 A				
Max. system voltage $V_{sys}$ (IEC)	1000 V				
Max. system voltage $V_{sys}$ (UL)	600 V				

\* Irradiation intensity 1000 W/m<sup>2</sup> in the plane of the module, module temperature 25 °C and a spectral distribution of the sunlight according to the atmospheric mass (AM) 1.5.

Data measured at nominal operating cell temperature (NOCT)\*\* and AM 1.5:

PowerMax <sup>®</sup> 3.5	120 W	125 W	130 W	135 W	140 W
NOCT	40 °C				
Nominal power $P_{nom}$	90 W	94 W	97 W	101 W	105 W
Open-circuit voltage $V_{oc}$	54.4 V	55.0 V	55.6 V	56.2 V	56.8 V
Short-circuit current $I_{sc}$	2.68 A	2.68 A	2.68 A	2.68 A	2.69 A
Voltage at mpp $V_{mp}$	38.6 V	39.8 V	41.1 V	42.3 V	43.5 V

\*\* Module operating temperature at 800 W/m<sup>2</sup> irradiation intensity in the plane of the module, air temperature 20 °C, wind speed 1 m/s and open-circuit condition.

Temperature coefficients:

PowerMax <sup>®</sup> 3.5	Value
Temperature coefficient $P_{max}$	-0.30 %/°C
Temperature coefficient $V_{oc}$	-170 mV/°C
Temperature coefficient $I_{sc}$	0 mA/°C

Data measured at low light intensity:

The relative reduction in the module efficiency at a light intensity of 200 W/m<sup>2</sup> relative to 1000 W/m<sup>2</sup> at 25 °C module temperature and spectrum AM 1.5 is 6 %. At 500 W/m<sup>2</sup> the relative improvement in module efficiency is +1 %.

For more information about handling, installation and operation of PowerMax<sup>®</sup> modules, refer to the installation, operating and safety manual for AVANCIS PowerMax<sup>®</sup> photovoltaic modules.

The measurement accuracy of  $P_{max}$  is  $\pm 3.5$  %. As a result of ongoing research and product improvements, the specifications in this product data sheet are subject to changes without prior publication. This data sheet is not allowed to be used for deriving any rights, and AVANCIS does not accept any liability with regard to and resulting from the use of information contained herein. Installation equipment is not supplied with the product.

Length x Width	1200 mm x 600 mm
Thickness	6.9 mm (21.0 including junction box)
Weight	12.0 kg
Front Cover	3.2 mm glass
Back Cover	3.2 mm glass
Cell Type	Cadmium telluride / Cadmium sulfide [CdTe/CdS]
Frame	none
Junction Box	Protection Class IP65
By-Pass Diode	none
Cable Length	650 mm (+Cable), 850 mm (-Cable)
Cable Type	Solar cable 1.5mm <sup>2</sup>
Connector	Y-Sol4

**calyxo**

CALYXO GMBH  
OT Thalheim, Sonnenallee 1a  
05765 Bitterfeld-Wolfen, Germany

TEL +49 (0)3494 368 980-0  
FAX +49 (0)3494 368 980-111

EMAIL calyxo@calyxo.com  
WEB www.calyxo.com

Note: Installation instructions must be followed. See the instruction and operating manual or contact the technical service for further information on approved installation and use of the product.

Specifications subject to technical changes. Printed on environment-friendly paper.  
© Calyxo GmbH, Bf 19-42, D13142 Rev. 01.2016



#### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

POWER CLASS		CX3	CX3 75	CX3 77	CX3 80	CX3 82	CX3 85
Nominal Power [+10% / -5%]	$P_{MPP}$	[W]	75.0	77.5	80.0	82.5	85.0
Current at max. Power	$I_{MPP}$	[A]	1.82	1.83	1.84	1.87	1.89
Voltage at max. Power	$V_{MPP}$	[V]	42.0	43.0	44.1	44.4	45.2
Short Circuit Current	$I_{SC}$	[A]	2.15	2.16	2.16	2.16	2.17
Open Circuit Voltage	$V_{OC}$	[V]	59.6	59.6	59.8	60.0	60.0

#### Performance at normal operating cell temperature (NOCT: 800 W/m<sup>2</sup>, 45 ±2°C, AM 1.5 Spectrum)

POWER CLASS		CX3	CX3 75	CX3 77	CX3 80	CX3 82	CX3 85
Nominal Power	$P_{MPP}$	[W]	57.9	59.9	61.7	63.2	64.8
Current at max. Power	$I_{MPP}$	[A]	1.46	1.47	1.48	1.50	1.52
Voltage at max. Power	$V_{MPP}$	[V]	39.8	40.7	41.8	42.0	42.7
Short Circuit Current	$I_{SC}$	[A]	1.72	1.73	1.74	1.74	1.74
Open Circuit Voltage	$V_{OC}$	[V]	56.4	56.4	56.6	56.7	56.8

#### Performance at low irradiance

The typical relative change in module efficiency at an irradiance of 200W/m<sup>2</sup> in relation to 1000W/m<sup>2</sup> (both at 25°C and AM 1.5 spectrum) on request.

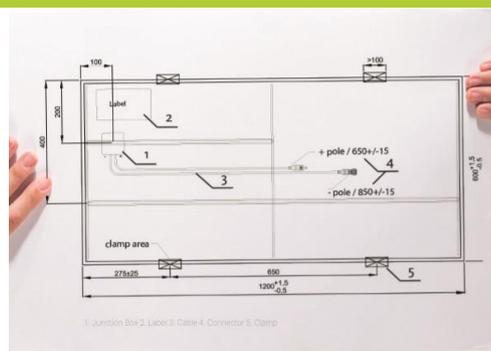
#### Temperature coefficients (at 1000W/m<sup>2</sup>, AM 1.5 Spectrum)

Temperature	$\alpha$	[%/K]	Value
Temperature $I_{SC}$	$\alpha$	[%/K]	+0.02
Temperature $V_{OC}$	$\beta$	[%/K]	-0.24
Temperature $P_{MPP}$	$\gamma$	[%/K]	-0.25

#### Properties for system design (IEC)

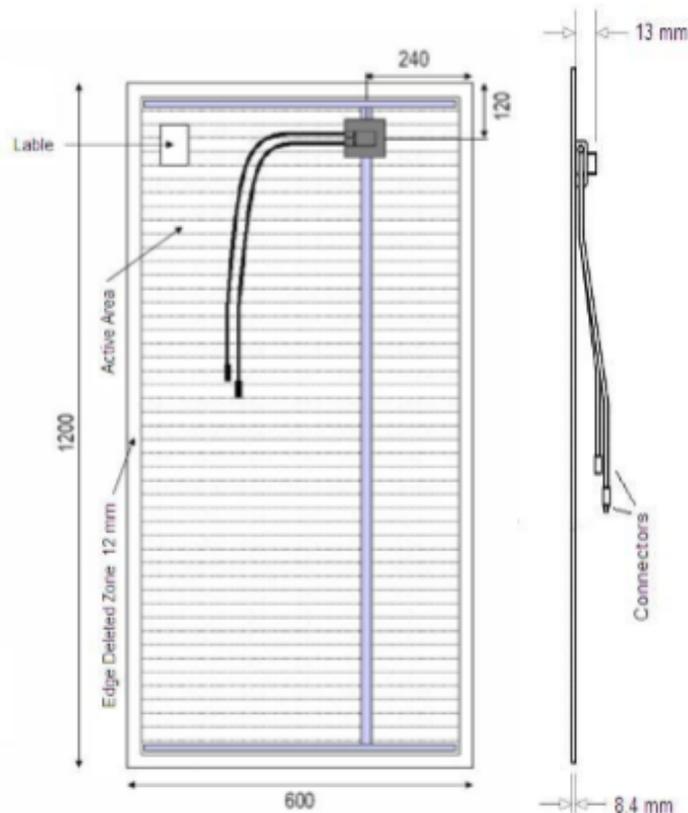
Maximum System Voltage	$V_{SYS}$	[V]	1000
Maximum Reverse Current	$I_R$	[A]	4.0
Wind / Snow Load	$p$	[Pa]	2400
Safety Class			II
Fire Rating			B

The power classes are defined by power sorting (+2.5%/0W) according to measured  $P_{MPP}$  under STC.  $I_{MPP}$ ,  $V_{MPP}$ ,  $I_{SC}$ ,  $V_{OC}$  are within ±0.2% of the indicated values under STC. Valid indoor measurement of STC performance is obtained by preheating the module before measurement. For more information: PEG-11-05-0203-01



## Thin Film Photovoltaic Module ATF 70

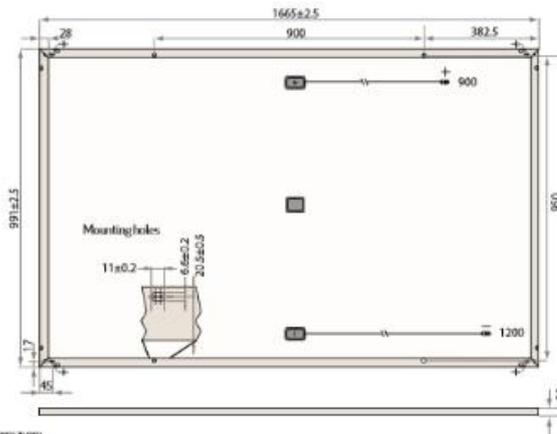
- Industrially manufactured photovoltaic module; semiconductors encapsulated between 2 panes of glass
- Raw material saving thin film technology, no use of silicon
- Highly stable CdTe semiconductor layers
- Esthetical design; frameless, brownish-black surface
- Energy amortization time below one year
- Low temperature coefficient of nominal power ( - 0,18% / Celsius)
- Good performance at diffuse sunlight and low radiation
- Very high annual energy yield per installed Wp
- Fully recyclable



### Technical Data: Thin Film Module ATF 70

Nominal Power $P_{max}$ :	70 Wp (+ 5 W / - 0)	Module Set Up:	Glass - EVA - Glass
Number of Cells in Series:	119	Junction Box:	Telegärtner: PV-AD 100
Type of Cell:	Thin film (CdS / CdTe)	Cables:	Prysmian: TECSUN (PV) S1ZZ-F; 2,5 mm <sup>2</sup> ; 800 mm and 700 mm, respectively
Current at max. Power $I_{mp}$ :	1.02 A	Connectors:	Wieland Electric: PST 40i1 (MC 4)
Voltage at max. Power $V_{mp}$ :	71.0 V	Front Cover:	Float Glass 4 mm
Short Circuit Current $I_{sc}$ :	1.25 A	Back Cover:	Float Glass 4 mm / Tempered Glass 3.2 mm
Open Circuit Voltage $V_{oc}$ :	95.0 V	Frame:	frameless
Max. System Voltage:	1,000 V	Warranty:	20 year power output warranty (80% of nominal power output)
Temperature Coefficient $T_k(P_{max})$ :	-0.18% / °C	Manufacturer:	ANTEC Solar GmbH Emil-Paßburg-Str. 1 99310 Arnstadt www.anteo-solar.de
Temperature Coefficient $T_k(U_{oc})$ :	-0.25% / °C		
Temperature Coefficient $T_k(I_{sc})$ :	+0.08% / °C		
Operation temperature:	-40 to +85 °C		
Dimensions L x W x H:	1200 x 600 x 8.4 mm / (1200 x 600 x 7.7 mm with tempered back glass)		
Thickness of Junction Box:	13 mm		
Total thickness:	around 22 mm		
Weight:	15 kg / (13 kg with tempered back glass)		

# REC TWINPEAK SERIES



Measurements in mm

ELECTRICAL DATA @ STC	REC265TP	REC270TP	REC275TP	REC280TP
Nominal Power - $P_{MPP}$ (Wp)	265	270	275	280
Watt Class Sorting - (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Nominal Power Voltage - $V_{MPP}$ (V)	31.1	31.2	31.4	31.9
Nominal Power Current - $I_{MPP}$ (A)	8.53	8.66	8.76	8.78
Open Circuit Voltage - $V_{OC}$ (V)	38.3	38.6	38.8	39.2
Short Circuit Current - $I_{SC}$ (A)	9.21	9.29	9.40	9.44
Panel Efficiency (%)	16.1	16.4	16.7	17.0

Analysed data demonstrates that 99.7% of modules produced have current and voltage tolerance of  $\pm 3\%$  from nominal values. Values at standard test conditions: STC (air mass AM 1.5, irradiance  $1000 \text{ W/m}^2$ , cell temperature  $25^\circ\text{C}$ ). At low irradiance of  $200 \text{ W/m}^2$  (AM 1.5 and cell temperature  $25^\circ\text{C}$ ) at least 94% of the STC module efficiency will be achieved.

ELECTRICAL DATA @ NOCT	REC265TP	REC270TP	REC275TP	REC280TP
Nominal Power - $P_{MPP}$ (Wp)	195	198	202	205
Nominal Power Voltage - $V_{MPP}$ (V)	28.75	28.85	29.03	29.49
Nominal Power Current - $I_{MPP}$ (A)	6.77	6.87	6.95	6.97
Open Circuit Voltage - $V_{OC}$ (V)	35.25	35.53	35.71	36.08
Short Circuit Current - $I_{SC}$ (A)	7.32	7.38	7.47	7.50

Nominal operating cell temperature NOCT ( $800 \text{ W/m}^2$ , AM 1.5, wind speed  $1 \text{ m/s}$ , ambient temperature  $20^\circ\text{C}$ ).

## CERTIFICATIONS



IEC 61215, IEC 61730 & UL 1703; MCS accredited  
IEC 61701 (Salt Mist - severity levels I & G)

## WARRANTY

10 year product warranty  
25 year linear power output warranty  
(max. degradation in performance of 0.7% p.a.)  
See warranty conditions for further details.

**take way**  
for an easy way  
take-way WEEE Compliant  
Recycling scheme

REC is the largest European brand of solar panels, with more than 15 million high-quality panels produced at the end of 2014. With integrated manufacturing from polysilicon to wafers, cells, panels and turnkey solar solutions, REC strives to help meet the world's growing energy needs. In partnership with a sales channel of distributors, installers, and EPCs, REC panels are installed globally. Founded in 1996, REC is a Bluestar Elkem company with headquarters in Norway and operational headquarters in Singapore. REC's 1,800 employees worldwide generated revenues of USD 680 million in 2014.

17.0% EFFICIENCY

10 YEAR PRODUCT WARRANTY

25 YEAR LINEAR POWER OUTPUT WARRANTY

## TEMPERATURE RATINGS

Nominal operating cell temperature (NOCT)	44.6°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ )
Temperature coefficient of $P_{MPP}$	-0.39 %/°C
Temperature coefficient of $V_{OC}$	-0.31 %/°C
Temperature coefficient of $I_{SC}$	0.045 %/°C

## GENERAL DATA

Cell type:	120 REC HC multi-crystalline 6 strings of 20 cells (156 x 78 mm)
Glass:	3.2 mm solar glass with anti-reflective surface treatment
Back sheet:	Double layer highly resistant polyester
Frame:	Anodized aluminum (silver)
Junction box:	3-part with bypass diodes IP67 rated 4 mm <sup>2</sup> solar cable, 0.9 m + 1.2 m
Connectors:	Multi-Contact MC4 (4 mm <sup>2</sup> )
Origin:	Made in Singapore

## MAXIMUM RATINGS

Operational temperature:	-40 ... +85°C
Maximum system voltage:	1000 V
Maximum snow load:	550 kg/m <sup>2</sup> (5400 Pa)
Maximum wind load:	244 kg/m <sup>2</sup> (2400 Pa)
Max series fuse rating:	25 A
Max reverse current:	25 A

## MECHANICAL DATA

Dimensions:	1665 x 991 x 38 mm
Area:	1.65 m <sup>2</sup>
Weight:	18 kg

**Note!** Specifications subject to change without notice.



www.recgroup.com

Ref: REC-05-07-02-01 Rev: 0.06.15 This document is an ISO 9001 compliant.

# SECURE LINE M60/250 - 270W



Glass-Glass module family

Electrical data	LX-250M	LX-260M	LX-270M
Rated power P <sub>mp</sub> [Wp]	250.00	260.00	270.00
P <sub>mp</sub> range from	250.00	260.00	270.00
P <sub>mp</sub> range to	256.49	266.49	276.49
Rated current I <sub>mp</sub> [A]	8.00	8.31	8.49
Rated voltage V <sub>mp</sub> [V]	31.26	31.33	31.39
Short-circuit current I <sub>sc</sub> [A]	8.39	8.75	9.29
Open-circuit voltage U <sub>oc</sub> [V]	38.58	38.66	38.72
Efficiency at STC	15.08%	15.68%	16.205%
NOCT [°C]	43.0°C	43.0°C	43.0°C

Specification as per STC (Standard test conditions): irradiance 1000W/m<sup>2</sup> | module temperature 25°C | AM = 1,5  
NOCT (nominal operating cell temperature): irradiance 800W/m<sup>2</sup> | wind speed 1 m/sec | temperature 20°C | AM = 1,5

Limiting values	LX-250M / LX-260M / LX-270M
Max. system voltage [V]	1000 V
Max. return current [I]	15 A
Temperature range	-40 to 85°C
Snow-load zone <sup>2</sup>	approval up to SLZ 3 (according to DIN 1055)
Max. pressure load (static)	5400 Pa

Temperature coefficient	LX-250M / LX-260M / LX-270M
Temperature coefficient [V]   [I]   [P]	-0.31 % /°C   0.05 % /°C   -0.39 % /°C

Specifications	LX-250M / LX-260M / LX-270M
Number of cells (matrix)	6 x 10 three strings in a row
Cell size	156 mm x 156 mm
Module dimensions (L x W x H) <sup>2</sup>   Weight	1682 mm x 1000 mm x 41 mm   23.0 kg
Front-side glass	2.1 mm hardened solar glass with low iron content; DIN 12150
Back-side glass	2.1 mm hardened solar glass with low iron content; DIN 12150
Frame	stable, anodised aluminium frame in a hollow-section design, black
Socket	plastic (PPO), Huber & Suhner, IP67, strain-relieved
Diodes	3 Schottky Diodes 15A/45V
Cable	4 mm <sup>2</sup> solar cable, cable length 1.0 m
Plug-in connection	high-quality plug-in system, (IP65) MC4 or equivalent
Hail test (max. hailstorm)	∅ 45 mm   impact velocity 23 m/s
Resistance	Ammonium and Saltmist

Packing	LX-250M / LX-260M / LX-270M
Packing unit	17 modules   44 PU/Truck   13.6 LM
Dimensions (L x W x H)   Weight	181 cm x 80 cm x 120 cm   415 kg gross

The specifications and average values can vary slightly. What is important is the corresponding data of the individual measurement. Specifications are subject to change without notice. Measurement tolerance: rated power +/- 3%, other values +/- 10%, all information in this data sheet corresponds to DIN 50380. A potential light-induced degradation of the power after commissioning is not considered here, other information can be found in the installation guidelines.

<sup>1</sup> The specific warranty conditions are given under [www.luxor-solar.com/download.htm](http://www.luxor-solar.com/download.htm)

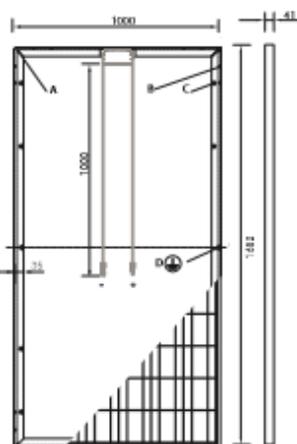
<sup>2</sup> For standing installation

<sup>3</sup> Tolerance L/W = +/- 3 mm, H = the dimensions given in the order confirmation will be decisive

<sup>4</sup> Location on request

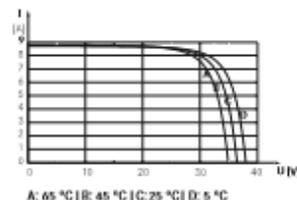
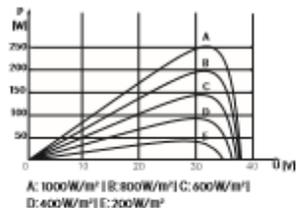
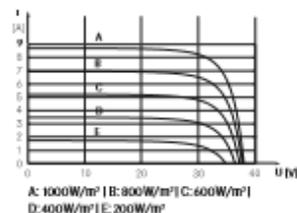
<sup>5</sup> exemplary for LX-250M Secure Line

Back view/ Front view/ Side view<sup>3</sup>



A: 4 x drainage 10° 10 mm  
B: 8 x ventilation aperture 3° 7 mm  
C: 8 x mounting hole<sup>4</sup> d = 7 mm  
D: 2 x earthing d = 2 mm

Characteristics<sup>5</sup>



Guidelines: 2006/95/EC-2006/95/EC, 89/336/EWG-89/336/EEC, 93/68/EWG-93/68/EEC

Luxor, your specialised company



IEC  
IEC 61215  
IEC 61730



The validity of the certificates/listings for a specific country has to be examined under:  
[www.luxor-solar.com/download.htm](http://www.luxor-solar.com/download.htm)

Secure Line M60/250-270 W\_04/15

# ECO LINE ECO LINE P60/230 - 250W



Polycrystalline module family

Electrical data	LX-230P	LX-235P	LX-240P	LX-245P	LX-250P
Rated power P <sub>mpp</sub> [Wp]	230.00	235.00	240.00	245.00	250.00
P <sub>mpp</sub> range from	230.00	235.00	240.00	245.00	250.00
P <sub>mpp</sub> range to	236.49	241.49	246.49	251.49	256.49
Rated current I <sub>mpp</sub> [A]	7.71	7.82	7.93	8.04	8.14
Rated voltage V <sub>mpp</sub> [V]	29.87	30.09	30.30	30.51	30.75
Short-circuit current I <sub>sc</sub> [A]	8.20	8.37	8.47	8.56	8.59
Open-circuit voltage U <sub>oc</sub> [V]	36.90	37.45	37.66	37.73	37.31
Efficiency at STC	14.15%	14.46%	14.77%	15.07%	15.38%
Efficiency at 200 W/m <sup>2</sup>	13.74%	14.04%	14.34%	14.64%	14.94%
NOCT [°C]	45 ± 2°C				

Specification as per STC (Standard test conditions): Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup> | module temperature 25°C | AM = 1,5  
NOCT (nominal operating cell temperature): Irradiance 800 W/m<sup>2</sup> | wind speed 1 m/sec | temperature 20°C | AM = 1,5

Limiting values	LX-230P / LX-235P / LX-240P / LX-245P / LX-250P
Max. system voltage [V]	1000 V
Max. return current [I]	15 A
Temperature range	-40 to 85°C
Snow-load zone <sup>2</sup>	approval up to SLZ 3 (according to DIN 1055)
Max. pressure load (static)	5400 Pa

Temperature coefficient	LX-230P / LX-235P / LX-240P / LX-245P / LX-250P
Temperature coefficient [V]   [I]   [P]	-0.32% /°C   0.05% /°C   -0.45% /°C

Specifications	LX-230P / LX-235P / LX-240P / LX-245P / LX-250P
Number of cells (matrix)	6 x 10, three strings in a row
Cell size	156 mm x 156 mm
Module dimensions (L x W x H) <sup>3</sup>   Weight	1,640 mm x 992 mm x 40 mm   18.3 kg
Front-side glass	3.2 mm hardened solar glass with low iron content
Frame	stable, anodised aluminium frame in a hollow-section design
Socket	plastic (PPO), IP65, ventilated and strain-relieved
Diodes	3 Schottky Diodes 15A/45V
Cable	4 mm <sup>2</sup> solar cable, cable length 1.0 m
Plug-in connection	high-quality plug-in system, (IP65) MC4 or equivalent
Hail test (max. hailstorm)	ø 45 mm   impact velocity 23 m/s
General technical approval	classified according to DIN EN 13501-5 as B <sub>100x</sub> (E)

Packing	LX-230P / LX-235P / LX-240P / LX-245P / LX-250P
Packing unit	25 modules, 2 Imp classes   28 PU/40' container
Dimensions (L x W x H)   Weight	174 cm x 114 cm x 121 cm   500 kg gross

The specifications and average values can vary slightly. What is important is the corresponding data of the individual measurement. Specifications are subject to change without notice. Measurement tolerance: rated power +/- 3%, other values +/- 10%, all information in this data sheet corresponds to DIN 50380. A potential light-induced degradation of the power after commissioning is not considered here, other information can be found in the installation guidelines.

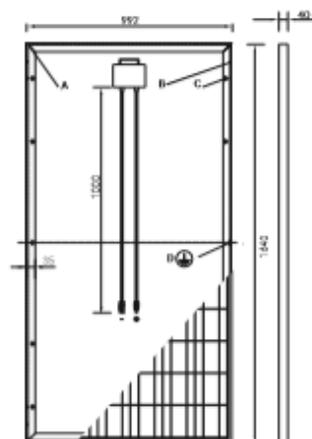
<sup>1</sup> The specific warranty conditions are given under [www.luxor-solar.com/download.htm](http://www.luxor-solar.com/download.htm)

<sup>2</sup> For standing installation

<sup>3</sup> Tolerance L/W = +/- 3 mm, H = the dimensions given in the order confirmation will be decisive

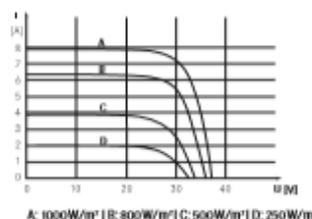
<sup>4</sup> Location on request

Back view/ Front view/ Side view<sup>3</sup>

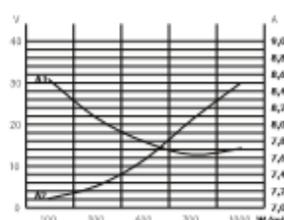


- A: 4 x drainage 10° 10 mm
- B: 8 x ventilation aperture 3° 7 mm
- C: 8 x mounting hole<sup>4</sup> d = 7 mm
- D: 2 x earthing d = 2 mm

### Characteristics



A: 1000 W/m<sup>2</sup> | B: 800 W/m<sup>2</sup> | C: 500 W/m<sup>2</sup> | D: 250 W/m<sup>2</sup>



A1: Imp | A2: V<sub>mpp</sub>

Luxor, your specialised company

Guidelines: 2006/95/EC-2006/95/EC, 89/336/EEG-89/336/EEG, 93/68/EEG-93/68/EEG



The validity of the certificates/listings for a specific country has to be examined under:  
[www.luxor-solar.com/download.htm](http://www.luxor-solar.com/download.htm)

ECO LINE P60/230-250 W\_04/14

## Mechanical Properties

Cells	6 × 10
Cell Vendor	LG
Cell Type	Monocrystalline / N-type
Cell Dimensions	156.75 × 156.75 mm / 6 inches
s of Busbar	12 (Multi Wire Busbar)
Dimensions (L × W × H)	1600 × 1000 × 60 mm 63.57 × 29.37 × 1.57 inch
Front Load	6000 Pa / 12.5 psf
Rear Load	5400 Pa / 11.2 psf
Weight	17.0 ± 0.5 kg / 37.68 ± 1.1 lbs
Connector Type	MC4, MC4 Compatible, IP67
Junction Box	IP67 with 2 Bypass Diodes
Length of Cables	2 × 1000 mm / 2 × 29.37 inch
Glass	High Transmission Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminum

## Certifications and Warranty

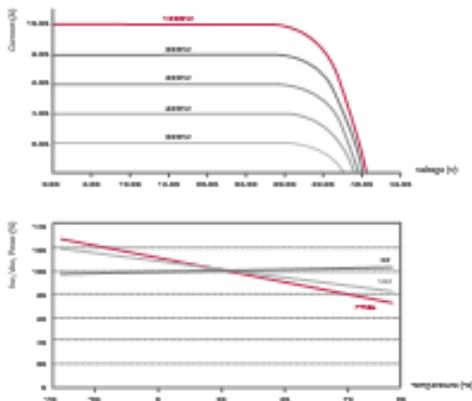
Certifications	IEC 61215, IEC 61730-1/-2 IEC 62716 (Ammonia Test) IEC 61701 (Salt Mist Corrosion Test) ISO 9001 UL 1702
Module Fire Performance (USA)	Type 2 (UL 1702)
Fire Rating (for CANADA)	Class C (ULC/ORD C1702)
Product Warranty	12 years
Output Warranty of Pmax	Linear warranty

\* 1) 1st year 85%, 2) After 2nd year 0.25% annual degradation, 3) 83.8% for 25 years

## Temperature Characteristics

NOCT	46 ± 3 °C
Pmpp	-0.28 %/°C
Voc	-0.28 %/°C
Isc	0.02 %/°C

## Characteristic Curves



## Electrical Properties (STC \*)

Module Type	300 W
MPP Voltage (Vmpp)	32.2
MPP Current (Impp)	9.30
Open Circuit Voltage (Voc)	39.8
Short Circuit Current (Isc)	9.90
Module Efficiency (%)	18.2
Operating Temperature (°C)	-40 ~ +50
Maximum System Voltage (V)	1000
Maximum Series Fuse Rating (A)	20
Power Tolerance (%)	0 ~ +3

\* STC (Standard Test Condition): Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Module Temperature 25 °C, AM 1.5

\* The maximum power output is measured and determined by LG Electronics at its site and absolute tolerance.

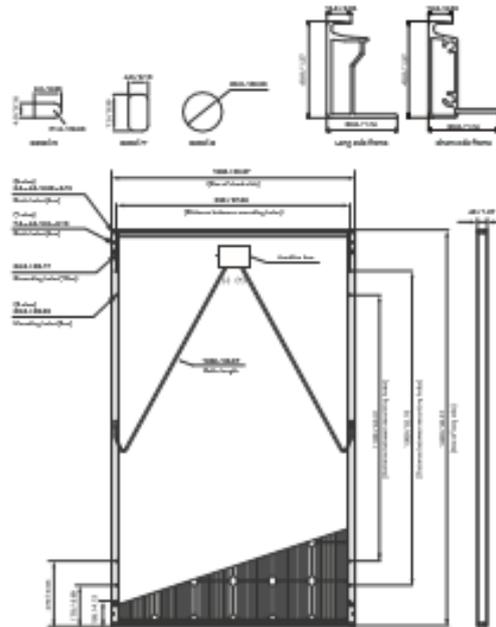
\* The typical change in module efficiency at 200 W/m<sup>2</sup> irradiance to 1000 W/m<sup>2</sup> is -2.0%.

## Electrical Properties (NOCT\*)

Module Type	300 W
Maximum Power (Pmax)	220
MPP Voltage (Vmpp)	29.5
MPP Current (Impp)	7.45
Open Circuit Voltage (Voc)	36.9
Short Circuit Current (Isc)	7.98

\* NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800 W/m<sup>2</sup>, ambient temperature 25 °C, wind speed 1 m/s

## Dimensions (mm/in)



\* The distance between the center of the mounting/grounding holes.



North America Solar Business Team  
LG Electronics U.S.A. Inc.  
1000 Sylvan Ave, Englewood Cliffs, NJ 07632

Contact: [lg.solar@lge.com](mailto:lg.solar@lge.com)  
[www.lge.com/us](http://www.lge.com/us)

Product specifications are subject to change without notice.  
DG-ND-80-C-G-F-EN-20237

Copyright © 2018 LG Electronics. All rights reserved.  
01/01/2018

Innovation for a Better Life



## Anexo II

(catálogos Inversor e stringbox)



Main features	
Model	SUNWAY TG120 LT 800V
MPPT voltage range <sup>(1)</sup>	475 - 820 V
Number of independent MPPTs	1
Max. Open-circuit voltage	900 V
Rated AC voltage	400 V ± 15 %
Rated output frequency	50 / 60 Hz (up to -3 / +2 Hz)
Power Factor Range	1 - 0.9 lead/lag
Operating temperature range	-25 ÷ 62 °C
Application / Degree of protection	Indoor / IP20
Maximum operating altitude <sup>(2)</sup>	4000 m
Input Ratings (DC)	
Rated input power	94 kW
Maximum short circuit PV input current	250 A
PV Voltage Ripple	< 1%
Output Ratings (AC)	
Rated output power @ 40°C	91.4 kVA
Rated output current	132 A
Power threshold	1% of Rated AC output power
Total AC current distortion	≤ 3%
Inverter efficiency	
Maximum / EU/ CEC efficiency	96.2 % / 95.4 % / 95.5 %
Dimensions and weight	
Inverter Dimensions (WxHxD)	1000 x 2000 x 800 mm
Inverter Weight	830 kg
Auxiliary Consumptions	
Stop mode losses/Night losses	20 W / 20 W
Optional Anticondensation heater consumption <sup>(3)</sup>	250 W

Elettronica Santerno reserves the right to make any technical changes to this document without prior notice.

**NOTE**

<sup>(1)</sup> At Vac rated and Cos φ =1

<sup>(2)</sup> Up to 1000 m without derating

<sup>(3)</sup> Optional recommended for Outdoor application in cold climate environments

Additional information	
Integrated galvanic insulation transformer	Yes
Protection against overvoltage (SPD)	DC Side: Yes - AC Side: Optional
Maximum value for relative humidity	95% non-condensing
Cooling system / Fresh air consumption	Forced air / 1550 m <sup>3</sup> /h
Thermal protection	Integrated, sensors both on cabinet and power stack
Environmental sensors	Optional, up to 6 embedded inputs
Digital communications channels	RS485 with Modbus Optional 2xRS485 with Modbus + Ethernet with TCP/IP
Noise emission @ 1m / 10m <sup>(4)</sup>	70 / 50 dB (A)
Connection phases	3
Max DC inputs per pole	4 + 4
DC-Parallel included	No
DC inputs current monitoring	No
DC side disconnection device	DC disconnect switch
AC side disconnection device	AC circuit breaker
Ground fault monitoring, DC side	Yes
Grid fault monitoring	Yes
Display	Alphanumeric display/keypad
Power modulation	Via Remote Control (RS485, Ethernet) and analog
RAL	RAL 7035
PV plant monitoring	Optional (Via Sunway Portal)

Elettronica Santerno reserves the right to make any technical changes to this document without prior notice.

**NOTE**

<sup>(4)</sup> Noise level measured in central and front position

## Technical Data

Smart String Box LS LS-SSP-16-1000V	
<b>Input Ratings</b>	
Max. number of strings	16
Max. DC voltage (max. Udc)	1000 V
String DC fuses size <sup>(1)</sup>	8 A, 12 A, 15 A, 20 A, 25 A
Max. input current per channel (Isc)	20 A
String cable cross-section	4 ÷ 6 mm <sup>2</sup>
String connector type	Quick-coupling PV connectors, Amphenol or similar
<b>Output Ratings</b>	
Max. output current (max. OPV)	160 A
Max. output cable cross-section	1 x 150 mm <sup>2</sup>
Grounding cable cross-section	25 ÷ 35 mm <sup>2</sup>
<b>Dimensions and weight</b>	
Dimensions (WxHxD)	1800x359x227 mm
Weight	31 kg
<b>Additional features</b>	
Single-string current measure	Yes
Single- string fuse protection	On both poles
Alarms	String Open - Mismatch - Switch Status - Discharger Activation
Antitheft system	No
Anti-reversal diodes	No
Load break switch	Yes
Load break switch status	Modbus
Protection against DC overvoltage (SPD)	Yes
SPD status	Modbus
Release coil	Optional Shunt release coil / Undervoltage release coil
N. of configurable environmental inputs	2
Power supply from Photovoltaic Field	No
Auxiliary power supply	230 Vac
Auxiliary power supply from DC source	No
Data transfer protocol	MODBUS RTU
Degree of protection	IP65

Electronica Santerno reserves the right to make any technical changes to this document without prior notice.

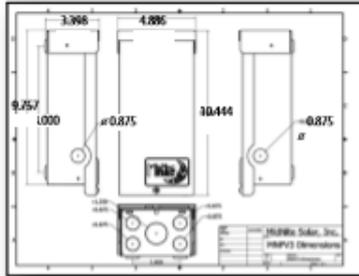
**NOTE**

<sup>(2)</sup> Other fuse size available on request. Fuse rating to be defined by customer in agreement with PV module manufacturer.

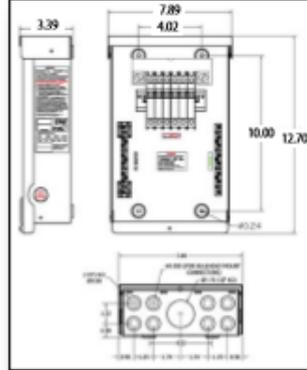
# MIDNITE SOLAR'S PV Transition Boxes & Combiners



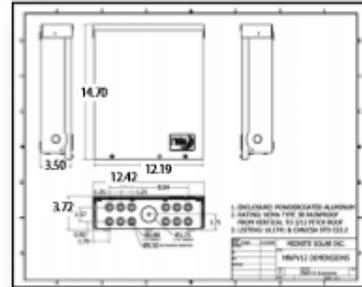
MidNite Solar offers a range of PV Combiners from our MNPV3 to the MNPV12v to the MNPV10-1000 volt to all our pre-wired combiners. This range of combiners accommodates PV systems as small as a two string off grid cabin up to 12 strings for a 50KW commercial grid tie inverter.



**MNPV2-MC4, MNPV3 and  
MNPV2-1000**



**MNTRANSITION, MNPV4-MC4, MNPV6-MC4,  
MNPV6, MNPV6-250 and MNPV4-1000**



**MNPV8-MC4, MNPV12, MNPV12-250  
and MNPV10-1000**



**MidNite Solar PV Combiner Specifications**

	<b>MNPV2-MC4, MNPV3 and MNPV2-1000</b>	<b>MNTRANSITION, MNPV4-MC4, MNPV6-MC4, MNPV6, MNPV6-250 and MNPV4-1000</b>	<b>MNPV8-MC4, MNPV12, MNPV12-250 and MNPV10-1000</b>
Enclosure rating	Outdoor Rainproof Type 3R	Outdoor Rainproof Type 3R	Outdoor Rainproof Type 3R
Enclosure material	Powder coated aluminum with stainless hardware	Powder coated aluminum with stainless hardware	Powder coated aluminum with stainless hardware
Mounting options and angle	Vertical wall mount, pole mount or sloped roof mount to 14 degrees incline (3 in 12 roof pitch)	Vertical wall mount, pole mount or sloped roof mount to 14 degrees incline (3 in 12 roof pitch)	Vertical wall mount, pole mount or sloped roof mount to 14 degrees incline (3 in 12 roof pitch)
Number of PV strings	MNPV2-MC4 two strings using fuses up to 600 volts MNPV3 three strings using breakers up to 150 volts or two strings using fuses up to 600 volts MNPV2-1000 two strings using fuses up to 1000 volts	MNPV4-MC4 four strings using fuses up to 600 volts MNPV6-MC6 six strings using fuses up to 600 volts MNPV6 six strings using 150 volt breakers or four strings using fuses MNPV4-1000 four strings with fuses up to 1000 volts MNTRANSITION four strings in, 2 per channel.	MNPV8-MC4 eight strings using included fuses up to 600 volts MNPV12-600-X2 two strings of non isolated up to 600 volts using included breakers MNPV12 twelve strings using breakers up to 150 volts or ten strings using fuses up to 600 volts MNPV12-250 six strings using using breakers up to 300 volt MNPV10-1000 10 strings using fuses up to 1000 volts
Maximum number of output circuits	1 for all	MNTRANSITION, MNPV4-MC4, MNPV6 & MNPV4-1000 is two, MNPV6-250 is one	2 for all
Wire range for string input	MNPV2-MC4 NA uses MC4 connectors, MNPV3 & MNPV2-1000 14-6 AWG	MNPV4-MC4 NA uses MC4 connectors MNPV6, MNPV6-250 & MNPV4-1000, 14-6 AWG MNTRANSITION 14-6 AWG	MNPV8-MC4 NA uses MC4 connectors MNPV12-600-X2 14-6 AWG MNPV12 and MNPV12-250 14-6 AWG
OCPD Included	MNPV2-MC4 - YES MNPV3 & MNPV2-1000 - NO	MNPV4-MC4 & MNPV6-MC6 - YES MNPV6, MNPV6-250 & MNPV4-1000 - NO MNTRANSITION - No none needed	MNPV8-MC4 & MNPV12-600-X2 - YES MNPV12, MNPV12-250 & MNPV10-1000 - NO
Maximum OCPD rating	30 amp with fuses and 63 amps with 150 volt breakers	30 amp with fuses, 63 amps with 150 volt breakers and 50 amps with 300 volt breakers	30 amp with fuses, 63 amps with 150 volt breakers and 50 amps with 300 volt breakers 20 amps with 600 volt breakers
Maximum output amps	60 amps for all	80 amps for fused, 120 amp for breakers 180 amps per channel for MNTRANSITION	200 Amps with Fuses and 150 volt breakers, 168 amps with 300 volt breakers
Output wire range	14 to 1/0 AWG	14 to 1/0 AWG	14 to 1/0 AWG (Except MNPV12-600-X2 it is #6)
Lug temperature rating	90 deg C	90 deg C	90 deg C
Deadfront	Custom molded plastic deadfront	Custom molded plastic deadfront	Custom molded plastic deadfront
Lockable	Yes	Yes	Yes
Rating	UL1741	UL1741	UL1741

www.midnitesolar.com

17722 - 67th Ave NE Arlington, WA 98223 PH 360.403.7207 FAX 360.691.6862