

**INFRAESTRUTURA NACIONAL DE INVESTIGAÇÃO NA ÁREA DE ENERGIA:
NZEB_LAB - INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS SOLARES EM EDIFÍCIOS****Aelenei L.*, Gonçalves H.*, Carvalho M.J.*, Facão J.*, Joyce A.*, Diamantino T.C.*,
Rodrigues C.*, Salema D.*, Rodrigues R.***

* Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P., Estrada do Paço do Lumiar, 22,
1649-038 Lisboa, Portugal, laura.aelenei@lneg.pt

<https://doi.org/10.34637/cies2020.2.2129>

RESUMO

NZEB_LAB representa uma infraestrutura nacional de investigação na área da integração de sistemas de energia solar em edifícios, localizada nas instalações do Laboratório Nacional de Energia e Geologia coordenada pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) e localizada nas suas instalações do Lumiar, em Lisboa. A plataforma experimental do NZEB_LAB oferece condições únicas para desenvolver e ensaiar sistemas inovadores de energia solar para a integração nos edifícios, como: Edifício Solar XXI a *Nearly Zero Energy (NZE) Living Laboratory*, Laboratório de Energia Solar e Laboratório de Materiais e Revestimentos. Os principais objetivos da NZEB_LAB são desenvolver e consolidar as capacidades experimentais, o conhecimento sistemático, a investigação e inovação bem como e formar novos profissionais. No presente trabalho a equipa do projeto quer partilhar com a comunidade científica e outros stakeholders as principais atividades dos projeto, funcionamento e perspetivas futuras.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar, Integração, Edifícios de Balanço Quase Nulo de Energia

ABSTRACT

NZEB_LAB represents a national research infrastructure in the area of integration of solar energy systems in buildings, located at the facilities of the National Laboratory of Energy and Geology (LNEG) and located at its Lumiar facilities in Lisbon. The NZEB_LAB experimental platform offers unique conditions to develop and test innovative solar energy systems for building integration, such as: Solar Building XXI to *Nearly Zero Energy (NZE) Living Laboratory*, Solar Energy Laboratory and Materials and Coatings Laboratory. The main objectives of NZEB_LAB are to develop and consolidate experimental capacities, systematic knowledge, research and innovation in these fields and to train professionals. In this work the project team wants to share with the scientific community and other stakeholders the main activities of the project, operation and prospects.

KEYWORDS: Solar Energy, Integration, Nearly Zero Energy Buildings

INTRODUÇÃO

A principal aplicação dos sistemas solares passa pela sua integração em edifícios, quer para preparação de água quente sanitária ou aquecimento ambiente através de coletores térmicos quer pela produção local de energia elétrica através da tecnologia fotovoltaica incluindo BIPV (*building integration photovoltaics*) mas também, tecnologias híbridas como o PV/T. Um edifício NZEB (*Nearly Zero Energy Building*) é caracterizado por um desempenho energético muito elevado, por ter necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas, cobertas principalmente por fontes de energia renováveis (produzida no local ou nas proximidades). A diretiva europeia nº 2010/31/EU prevê a obrigação dos estados membros assegurarem que os edifícios novos sejam edifícios NZEB. Na legislação nacional (Portaria nº98/2019 de 2 de abril) é pormenorizado o conceito de NZEB, e são determinadas as datas de aplicação das exigências de edifícios NZEB, sendo estas, a partir de 1 de janeiro 2019 para edifícios na propriedade de uma entidade pública e 1 de janeiro 2021 para os restantes edifícios. A integração de sistemas de energia solar em edifícios NZEB é um contributo muito importante na conceção destes edifícios sendo a existência de uma infraestrutura de investigação com este objetivo um suporte importante para que se possam atingir as metas legais já estabelecidas (diretiva nº 2010/31/EU, portaria nº98/2019 de 2 de abril) e também desenvolver sistemas que venham a responder às necessidades de reabilitação de edifícios e às metas que serão estabelecidas para as mesmas. No âmbito do próximo programa quadro de apoio à investigação – Horizonte Europa – prevê-se como um dos pilares do programa as Missões, estando definidas entre outras as missões para “Adaptação às alterações climáticas, incluindo transformação societal” e “Cidades inteligentes e com impacto neutro no clima” nas quais existe uma clara relação com os objetivos desta infraestrutura de investigação.

A visão da Infraestrutura de investigação NZEB_LAB centra-se na consolidação da capacidade experimental e criação dum laboratório com características únicas ao nível nacional, mas também Europeu no domínio da Energia Solar e a sua integração no ambiente construído, na perspetiva do conceito (NZEB) e a integração no ambiente urbano, na perspetiva do conceito *Positive Energy Districts* (PED). Através da investigação desenvolvida pelo projeto NZEB_LAB, a estratégia da infraestrutura de investigação visa desenvolver e promover soluções ótimas para alcançar padrões de energia zero em edifícios. Em comparação com a prática real de novas construções, os NZEBs exigem um equilíbrio bem dominado entre a procura de energia minimizada e o uso de energia renovável para compensar as necessidades de energia restantes. Nos últimos anos, novos desafios para o NZEB foram considerados, a fim de preparar um design inovador para uma nova geração de NZEB. A nova geração de NZEB deve ser preparada para ser flexível por meio de seu design, a integração de sistemas de automação predial pode desempenhar um papel importante para a realização de edifícios flexíveis com desempenho quase zero de energia. O projeto é apoiado também por soluções de flexibilidade como sistemas de armazenamento e mobilidade, algoritmos de automação apropriados e design para garantir o desempenho energético para atender à intenção do projeto original do edifício sem comprometer o conforto e a eficiência dos ocupantes de maneira económica e ambientalmente correta. Espera-se que essas soluções também facilitem o uso inteligente do potencial de flexibilidade em diferentes edifícios sem comprometer o conforto e demonstrem a flexibilidade, prontidão do edifício e energia.

NZEB_LAB: Descrição

O projeto NZEB_LAB integra o Roteiro Nacional das Infraestruturas de Investigação de interesse estratégico (FCT, 2020) que sustentem os avanços científicos e tecnológicos e reforcem a capacidade da comunidade de I&D em Portugal, por forma a fomentar a sua participação ativa em projetos europeus e internacionais, iniciativa apoiada pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). NZEB_LAB integra infraestruturas laboratoriais na área dos sistemas solares térmicos e fotovoltaicos, capazes de integrar e ensaiar em laboratório e em ambiente real, novos sistemas solares a integrar em edifícios, numa perspetiva dos denominados “Net Zero Energy Buildings”. O objetivo principal do NZEB_LAB é desenvolver as capacidades experimentais, o conhecimento sistemático, a investigação e a inovação nestes domínios e formar profissionais de alto nível. A plataforma RI oferece condições únicas para desenvolver e ensaiar sistemas inovadores de energia solar para a integração nos edifícios, como: Edifício Solar XXI, Laboratório de Energia Solar e Laboratório de Materiais e Revestimentos do LNEG. Quer no contexto nacional, quer internacional (Europeu), a infraestrutura NZEB_LAB constitui uma referência, participando em consórcios nacionais e internacionais na apresentação de propostas e em projetos de investigação como demonstração, benchmarking e utilização.

Edifício Solar XXI

O edifício Solar XXI, ilustrado na Figura 1, construído em 2006, é a sede do laboratório de energia do LNEG (Laboratório de Energia e Geologia) e um projeto demonstrador em si de um edifício NZEB. O edifício encontra-se localizado em Lisboa e tem uma área de 1500 m², pela qual 1200 m² são aquecidos, distribuídos por 3 andares que contém gabinetes, laboratórios e instalações de ensaio. O edifício Solar XXI integra várias soluções passivas de

redução de necessidades energéticas, tanto para o Inverno como o Verão. Neste projecto, a consolidação da capacidade de ensaio à saída do Solar XXI foi incrementada.



Fig. 1 Plataforma experimental Edifício Solar XXI

Por um lado, a nível do edifício, foi instalado um sistema detalhado de monitorização e gestão (Fig.2) em todos os espaços do edifício, monitorizando o consumo e produção de energia, conforto térmico (temperatura e humidade), níveis de CO₂. Uma estação meteorológica foi instalada na cobertura do edifício bem como um sistema de gestão de energia.

Por outro lado, dois gabinetes do Solar XXI foram transformados em salas de ensaio (laboratórios) onde estão instalados protótipos de elementos da fachada. Além disso, nestas duas salas de ensaio foi instalado um conjunto de sensores e atuadores que permitem o controlo dos sistemas instalados e a monitorização detalhada das respectivas variáveis.



Fig.2 SolarXXI: sistema de monitorização e controlo

Laboratório de Energia Solar

O Laboratório de Energia Solar (LES), (Fig.3) tem como missão o desenvolvimento de atividades metrológicas (processos físicos) relativas à Energia Solar para caracterização de sistemas térmicos (e seus componentes), ativos e passivos, desde a captação ao fornecimento de energia térmica (frio e calor) com vista, quer ao desenvolvimento normativo, quer ao desenvolvimento e à qualificação de produtos. As atividades são tendencialmente desenvolvidas de acordo com a referência normativa NP EN ISO/IEC 17025 (Acreditação de Laboratórios de Ensaio). O LES participa ainda em estudos de pré-normalização e normalização a nível europeu e internacional e acompanha a atividade normativa da CT54, CEN TC 312, ISO TC 180 e IEC TC 117. A atual versão da norma ISO 9806 abrange os coletores de fachada, o LES pode agora dar um contributo para a caracterização de novos elementos de fachada para integração em edifícios. Os investimentos NZEB_LAB para o LES têm como principais objetivos: garantir o cumprimento de todos os requisitos das normas atuais e consolidar os requisitos para ensaio de coletores que operam a gamas de temperatura mais elevadas. O circuito hidráulico de ensaio de coletores foi adaptado de forma a minimizar o consumo de água da rede e para trabalhar a temperaturas mais elevadas. Foi adquirido um novo seguidor solar de forma a realizar o ensaio de rendimento de coletores solares aproveitando melhor a incidência de radiação. Está em fase de conclusão uma adaptação do circuito hidráulico do ensaio de sistemas solares de forma a eliminar o consumo de água da rede. Adicionalmente, estão a ser planeadas novas capacidades de ensaio, com a contribuição de projetos sob a égide do NZEB_LAB, nomeadamente duas células de ensaio para componentes de fachada. As células de ensaio são: uma célula de referência com uma parede de alvenaria a implementada na fachada sul e uma célula com uma parede composta por nanofluidos a ser implementada na fachada sul. A parede com nanofluidos terá um comportamento termorregulador com ajuda de duas bombas submersíveis instaladas no interior e no exterior das cavidades. A parede será feita em chapas acrílicas transparentes e com 50 mm de isolamento térmico com cortiça

aglomerada. A espessura da parede do fluido será de 120 mm. O protótipo experimental será instrumentado para medir temperaturas dentro das cavidades, temperaturas do ar dentro das células e condições ambientais exteriores (temperatura, irradiância e vento).



Fig. 3 Plataforma experimental Laboratório de Energia Solar

Laboratório de Materiais e Revestimentos

O Laboratório de Materiais e Revestimentos (LMR), (Fig.4) é um centro especializado em corrosão, proteção anticorrosiva de materiais e revestimentos e na sua durabilidade. Este Laboratório tem como missão desenvolver atividades de I&D e prestar serviços avançados para a Indústria em termos de projetos, peritagens, consultoria, estudos e ensaios. Estas atividades estão particularmente direcionadas para a durabilidade de materiais para sistemas de energia.



Fig. 4 Plataforma experimental Laboratório de Materiais e Revestimentos

O LMR é um laboratório de ensaios acreditado segundo a NP EN ISO/IEC-17025:2005 com Certificado de Acreditação N.º L0698 do IPAC. Os ensaios acreditados, encontram-se disponíveis em http://www.ipac.pt/pesquisa/ficha_lae.asp?id=L0698. No âmbito das suas áreas de intervenção, o LMR desenvolve igualmente outras atividades complementares de ciência e tecnologia, como sejam: divulgação científica nacional e internacional (Edição da Revista “Corrosão e Proteção de Materiais”, publicação de artigos, livros e guias, participação e organização de encontros técnico-científicos); apoio à normalização nacional e internacional; formação avançada como suporte às universidades e também específica para empresas. No âmbito do NZEB_LAB foi adquirido um microscópio digital para consolidar as capacidades de ensaio do laboratório na caracterização de materiais e revestimentos utilizados na infraestrutura, mas também para aumentar os serviços externos a fornecer pela infraestrutura NZEB_LAB. O microscópio digital é um instrumento ideal para análise e documentação de peças e amostras durante a investigação e desenvolvimento, inspeção, controlo de qualidade, bem como análise de falhas.

NZEB_LAB: Objetivos e Atividades previstas

O objetivo principal do NZEB_LAB é desenvolver as capacidades experimentais, o conhecimento sistemático, a investigação e a inovação no domínio de integração da energia solar nos edifícios e edifícios NZEB. A plataforma RI oferece condições únicas para desenvolver e ensaiar sistemas inovadores de energia solar para a integração nos edifícios, como: Edifício Solar XXI, Laboratório de Energia Solar e Laboratório de Materiais e Revestimentos do

LNEG. Desta forma e para o melhor aproveitamento das condições que NZEB_LAB proporciona, um conjunto de atividades foram delineadas para atingir os objetivos específicos propostos. Os objetivos específicos e as atividades correspondentes são ilustrados na Fig. 5.

NZEB_LAB PRINCIPAIS ATIVIDADES	OBJETIVOS ESPECIFICOS	REPARTIÇÃO ATIVIDADES
A1 Coordenação, Consolidação, Disseminação, Formação	Management and access to the testing facilities in the four main areas of research	A1.1 Coordination: internal coordination activities, coordination with future European infrastructures, joint management access of European infrastructures
	Common standards, testing procedures, harmonization for Solar Energy Systems (SES) towards NZEB	A1.2 Consolidation of existing testing capacities and establishment of new ones; Accreditation
	Common knowledge, dissemination and sharing within Portuguese community	A1.3 Dissemination, internal and external communication
	Training of the scientific community	A1.4 Training and exchange activities for scientist
A2 Investigação	Desenvolvimento de soluções inovadoras para integração dos sistemas de energia solar em fachadas, com alta fração solar e melhor desempenho térmico e durabilidade	A2.1 Investigação experimental sistemas inovadores de energia solar (laboratório e ambiente real - integradas no edifício) A2.2 Identificação de parâmetros para caracterização de componentes e sistemas testados
	Desenvolvimento e otimização de algoritmos para gestão de energia inteligente de energia fornecida e utilizada	A2.3 Novos conceitos de sistemas de energia solar integrados como solução para novos edifícios e reabilitação
	Definição de um conjunto de parâmetros chave para a caracterização de componentes e sistemas de energia integrados	A2.4 Investigação pré-normativa e transferência de tecnologia
	Modelação numérica e simulação de sistemas solares de energia, incluindo modelação ótica, térmica e elétrica Melhorar e consolidar a qualidade dos serviços prestados pela infraestrutura	
A3 Acesso e oferta de serviços	Acelerar o desenvolvimento de novas tecnologias solares integradas, validação do desempenho e qualidade dos produtos	A3.1 Acesso e utilização
		A3.2 Oferta de serviços

Fig. 5. NZEB_LAB: Atividades e objetivos

NZEB_LAB: Estratégia e implementação

Estratégia de funcionamento NZEB_LAB

Deste o início NZEB_LAB adotou uma estratégia (Fig. 6) de desenvolvimento e coordenação e comunicação com vários *stakeholders* externos (indústria, comunidade científica e académica) que visa não só resultados de investigação, mas também a oferta de serviços e condições de acesso.



Fig. 6. NZEB_LAB: Estratégia de funcionamento

Implementação: exemplos nas três atividades principais

A1 Coordenação, Consolidação, Disseminação, Formação

Um dos primeiros resultados do NZEB_LAB foi o desenvolvimento da página web do projeto para comunicação e melhor disseminação das actividades. A estrutura da informação da página é ilustrada na Fig.7.

Um primeiro curso de formação foi desenvolvido em colaboração com a Universidade Nova de Lisboa, no âmbito da Pós-graduação “Engenharia das Fachadas” com o título “Building Integration of Solar Energy”.

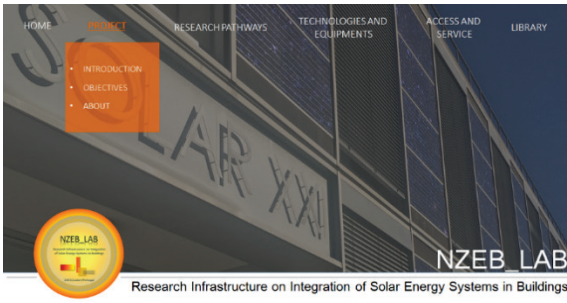


Fig. 7. NZEB_LAB: página web

O curso com uma duração de 18h, incluiu tópicos variados e complementares, conteúdos sobre energia solar em Portugal, integração de sistemas solares térmicos e painéis fotovoltaicos, soluções passivas de fachadas solares, durabilidades dos materiais, sistemas solares para aquecimento e arrefecimentos, exemplos, caso de estudos e visita técnica nas instalações do NZEB_LAB. A publicitação do curso e os conteúdos são ilustrados na Fig.8.

NZEB_LAB TRAINING SCHOOL 1
Building integration of solar energy

	CARGA HORÁRIA (h)	FORMADOR	
NZEB (introdução)	2	Heider Gonçalves Laura Aelenei	M1
Energia Solar	1	Maria João Carvalho António Joyce	M2
Soluções passivas e integração em fachadas	2	Heider Gonçalves Laura Aelenei	M3
Colectores solares térmicos e integração em fachadas	2	Maria João Carvalho	M4
Módulos PV e integração em fachadas	3	António Joyce Carlos Rodrigues	M5
Durabilidade dos materiais (metálicos)	2	Terese Diamantino Cristina Ferreira	M6
Sistemas solares para aquecimento e arrefecimento	2	Jorge Facão	M7
NZEB exemplos e casos de estudo	2	Heider Gonçalves Laura Aelenei	M8
Visita técnica (LES, LMR)	2	Maria João Carvalho Carlos Rodrigues	M9
	18.0		

Fig. 8. NZEB_LAB: Curso de formação

A2 Investigação Experimental

As atividades de investigação desenvolvidas correspondam por um lado aos objetivos específicos propostos no âmbito do NZEB_LAB e que dizem respeito a integração de sistemas de energia solar em fachadas, mas também aos objetivos enquadrados em vários projetos de investigação em áreas adjacentes e enquadrados sob o chapéu no NZEB_LAB.

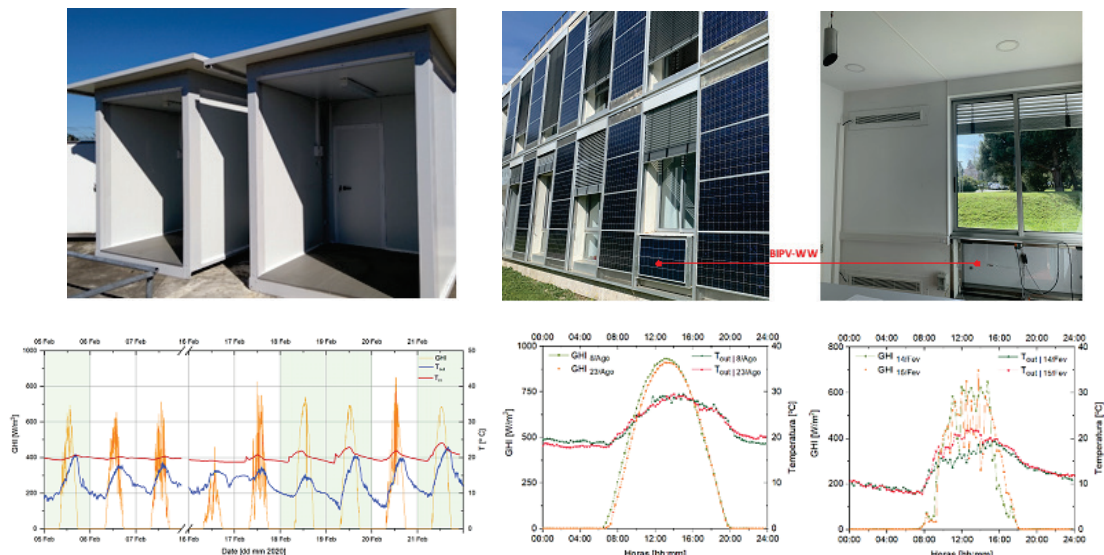


Fig. 9. NZEB_LAB: Investigação experimental (células de test, Test Rooms, protótipos de fachada)

Na Figura 9 são ilustrados a plataformas experimentais, células test preparadas para integrar elementos de fachada

solares, os *Test Rooms* do SolarXXI com integração de sistema solar com armazenamento através de tanque de água, *BIPVT-Water*. Estes sistemas são testados em ambiente real, ao longo do ano e em varias configurações para analisar o melhor desempenho do sistema em varias condições.

A2 Investigação Numérica

Em paralelo com a investigação experimental, um conjunto de estudo numéricos foram e continuam a ser desenvolvidos (Fig.10). Os estudos numéricos visam analisar o comportamento térmico do sistema (BIPVT com água ou com isolamento) tendo em conta varias configurações e modos de funcionamento (ventilado, fechado). Como é preciso de uma análise mais detalhada foi utilizada a ferramenta ANSYS-Fluent (Ansys, 2011) para ter uma imagem mais clara sobre o campo de temperaturas e velocidade do ar dentro da caixa de ar incorporada.

Com base nos resultados obtidos através das simulações numéricas dos protótipos, o estudo numérico das salas e edifício foi desenvolvido para avaliar a influencia destes sistemas no comportamento de uma sala e do edifício e utilizando ferramenta de simulação dinâmica dos edificios.

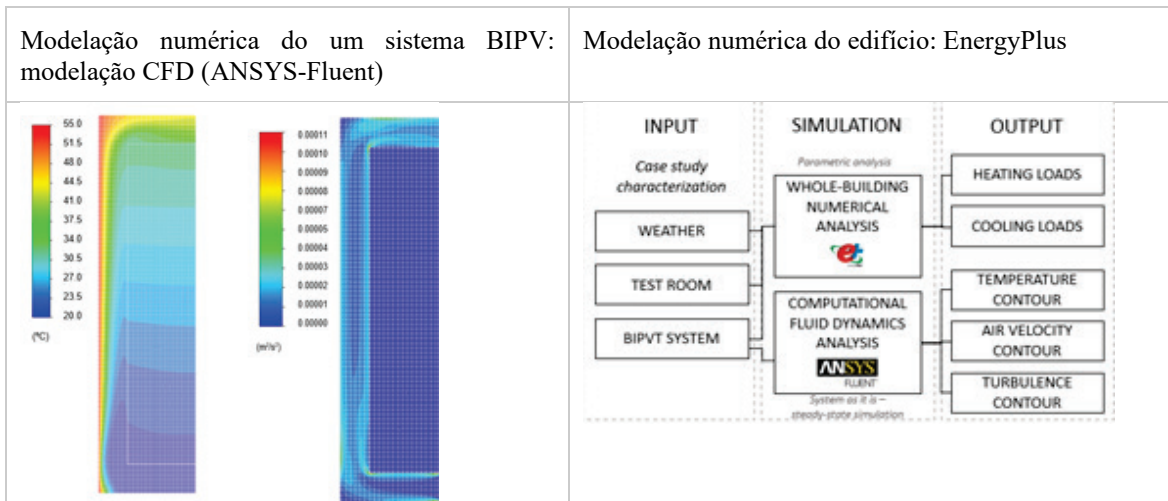


Fig. 10. NZEB_LAB: Investigação numérica (Bot et al, 2020)

A3 Acesso e oferta dos serviços

Através das capacidades experimentais integradas no NZEB_LAB incluindo infraestruras, equipamentos, pessoal qualificado, o NZEB_LAB esta preparada para oferecer acesso e serviços para diferentes categorias de utilizadores representantes da indústria ou centros de investigação, academia.

DESCRIPTION OF THE INFRASTRUCTURE	DESCRIPTION OF THE INFRASTRUCTURE
<p>Name of the infrastructure: NZEB_LAB</p> <p>Location (town, country): LUS, Pólo do Lumiar, Lisbon, Portugal</p> <p>Website or email contact: www.lNEG.pt</p> <p>Legal name of the organization operating the infrastructure: LNEG</p> <p>Location: Lisbon</p>	<p>Name of the infrastructure: LNEG</p> <p>Location (town, country): LNEG, Pólo do Lumiar, Lisbon, Portugal</p> <p>Website: www.lNEG.pt</p> <p>Legal name of the organization operating the infrastructure: LNEG</p> <p>Location: Lisbon</p>
<p>SERVICE PROVIDED</p> <p>Service Name: Test of PV modules under on-site natural conditions</p>	<p>SERVICE PROVIDED</p> <p>Service Name: Thermal Performance Testing of Collectors</p>
	
<p>Associated equipment:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Curve tracer PV950200, IPRM 1040C - Back surface temperature sensors - Irradiance sensors, PV balance cells and pyranometers 	<p>Associated equipment:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Test bench for thermal performance measurement of solar thermal collectors
<p>Method:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Test of PV modules, strings or arrays: Measurement of photovoltaic current-voltage (I-V) Curves) characterized under on-site conditions and their translation to standard test conditions (STC). - For a particular module, on-site measurements transferred to STC can be directly compared with results previously obtained in a laboratory or factory. - IEC 60904-1: Photovoltaic devices - Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics - IEC 61853: Photovoltaic (PV) Array - On-site measurement of current-voltage characteristics 	<p>Method:</p> <ul style="list-style-type: none"> - According to ISO 9806 (section 19)
<p>Deliverables:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Test report with measured performance characteristics and performance characteristics expected under Standard Test Conditions. Includes the description of the test environment, weather conditions, location of sensors and possible sources of errors (reflections, shading, ...) 	<p>Deliverables:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Test report with the Thermal Performance characterization of the collector according to ISO 9806
<p>Testing period (weeks/year): To be defined</p>	<p>Testing period (weeks/year): To be defined</p>
<p>Costs:</p> <ul style="list-style-type: none"> - On request 	<p>Costs:</p> <ul style="list-style-type: none"> - On request
<p>Contact: Carlos Rodriguez, carlos.rodriguez@lNEG.pt</p>	<p>Contact: Maria João Carvalho, mjcarvalho@lNEG.pt</p>

Fig. 11. NZEB_LAB: Exemplos de fichas de acesso e serviço

A infraestrutura desenvolveu um plano bem definido para o acesso e oferta de serviços, para cada serviço sendo publicadas fichas de acesso e as respetivas condições e detalhes técnicos correspondes aos serviços oferecidos em todas as áreas de atuação do NZEB_LAB (edifícios e integração em fachadas, sistemas solares térmicos e fotovoltaicos, materiais) (Fig.11).

COMENTÁRIOS FINAIS

NZEB_LAB integra o Roteiro Nacional das Infraestruturas de Investigação de interesse estratégico que sustentem os avanços científicos e tecnológicos e reforcem a capacidade da comunidade de I&D em Portugal, por forma a fomentar a sua participação ativa em projetos europeus e internacionais, iniciativa apoiada pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). NZEB_LAB representa uma infraestrutura nacional de investigação na área da integração de sistemas de energia solar em edifícios, única ao nível nacional, pelas suas plataforma experimentais, sobretudo representada pelo edifício SolarXXI, edifício NZEB transformado num laboratório vivo, através do envolvimento e interação directa dos seus utilizadores, mas também do sistema de gestão inteligente implementado para reduzir ainda mais os consumos energéticos e otimizar o aproveitamento e uso da produção renovável integrada no edifício. No presente trabalho a equipa do projeto quer partilhar com a comunidade científica e outros stakeholders as principais atividades dos projeto, funcionamento e perspetivas futuras, estratégias de acesso e utilização desta plataforma experimental.

AGRADECIMENTOS

O projeto “NZEB_LAB – Research Infrastructure on Integration of Solar Energy Systems in Buildings” (Ref. LISBOA-01-0145-FEDER-022075)” é financiado por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC) e co-financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) do Programa Operacional Regional de Lisboa.

REFERÊNCIAS

Roteiro Nacional de Infraestruturas de Investigação: https://www.fct.pt/media/docs/Portuguese_Roadmap_Infrastructures2020.pdf [Accessed 12 September 2020]

Ansys, I. (2011) ANSYS FLUENT theory guide, Canonsburg, Pa., 794

Bot, K.; Aelenei, L.; Gomes, M.G.; Silva, C.S. (2020); Assessment of a Building Integrated Photovoltaic Thermal System in Mediterranean Climate—A Numerical Simulation Approach; Energies, Vol.13, Issue 11