

Tecnologia “pico-solar”

Anca Ciuntu, nº 46706

Resumo: No espectro das energias renováveis e sua penetração no mercado energético dos países em desenvolvimento, a energia solar surge como a mais relevante e promissora. A “pico-solar” apresenta características estruturais e económicas que vão de encontro às necessidades das populações de zonas rurais sem acesso à rede, especialmente nos países do continente Africano. A falta de estrutura do mercado energético que ainda prevalece nestas regiões, bem como, a falta de tratamento dos resíduos, a falta de produção local e a venda de produtos de baixa qualidade, são problemas a abordar, de modo a permitir que esta tecnologia desempenhe o seu papel da melhor forma junto das populações mais necessitadas.

1. Importância da Energia Solar

Hoje em dia, cerca de 1,5 mil milhões de pessoas vivem sem acesso à eletricidade, sendo que estimativas indicam que 95% dessas pessoas habitam regiões da África Subsaariana ou regiões em desenvolvimento do continente Asiático. Tal défice de acesso à energia impedem a evolução destes países, tornando a expectativa de vida, a educação e o rendimento per capita extremamente limitados. Tecnologias renováveis podem ser a solução para tornar a energia acessível a estas populações, contribuindo para o seu desenvolvimento económico e social, especialmente em zonas da África Subsaariana que apresentam recursos energéticos elevados na área solar, eólica, geotérmica e biomassa, mas que não são devidamente aproveitados. A energia solar ocupa um papel importante neste desenvolvimento, sendo qualquer sistema deste tipo relevante, desde que apresente eficiências e características favoráveis. De facto, é a tecnologia renovável que mais se tem desenvolvido no mercado mundial, que para além de fornecer energia limpa, fidedigna e não poluente, cria oportunidades de emprego.

Um dos mercados solares mais avançados em África está localizado no Quénia. A insolação média diária ronda os 5 kWh/m², que é utilizada principalmente para sistemas solares domésticos (*Solar Home Systems*, SHS) e aquecimento de água. Cerca de 12% da energia solar assim produzida pode ser convertida em eletricidade. Estima-se que existam 300 mil sistemas solares domésticos instalados e que foram vendidos cerca de 2.2 milhões de unidades de produtos de iluminação solares desde 2009, números que são bons indicadores da importância da energia solar nesta região. No entanto, a utilização de energias não renováveis, como o querosene para a iluminação, continua a ser uma realidade para grande parte destas populações, especialmente para as mais pobres e isoladas. Apesar do mercado solar estar em constante crescimento, é impossível ignorar o facto de que as regiões mais necessitadas continuam a ter acesso a menos informação, sendo-lhes difícil optar por este tipo de tecnologias e no caso em que a informação exista, os equipamentos a que terão acesso não apresentarão a melhor qualidade.

A energia solar fotovoltaica pode, contudo, apresentar capacidades diversas, tornando-se economicamente acessível consoante as necessidades e possibilidades do utilizador. A tecnologia “pico-solar” surge, assim, como a que poderá desempenhar um papel determinante na introdução da energia solar nas regiões mais desfavorecidas, apresentando custos inferiores, já que apresenta, inicialmente, capacidades mais reduzidas. [1]

2. Tecnologia “pico-solar”

A tecnologia denominada “pico-solar” ou “pico-pv” surge como uma opção para as zonas rurais, sem ligação à rede. Correspondeu inicialmente a sistemas solares fotovoltaicos de dimensões reduzidas comparativamente aos sistemas solares tradicionais, com *outputs* até 15 Wp para o fornecimento de energia a sistemas de iluminação, a equipamentos eletrónicos de pequenas dimensões e na maioria dos casos, portáteis. Hoje em dia os valores atingidos são bastante mais elevados, sendo utilizada para a alimentação de sistemas de maiores dimensões, com multifunções ou para uso doméstico, abandonando a ideia de que o seu funcionamento estará limitado apenas à iluminação portátil e ao carregamento de telemóveis, aplicações mais comuns até à data – **Figura 1**.

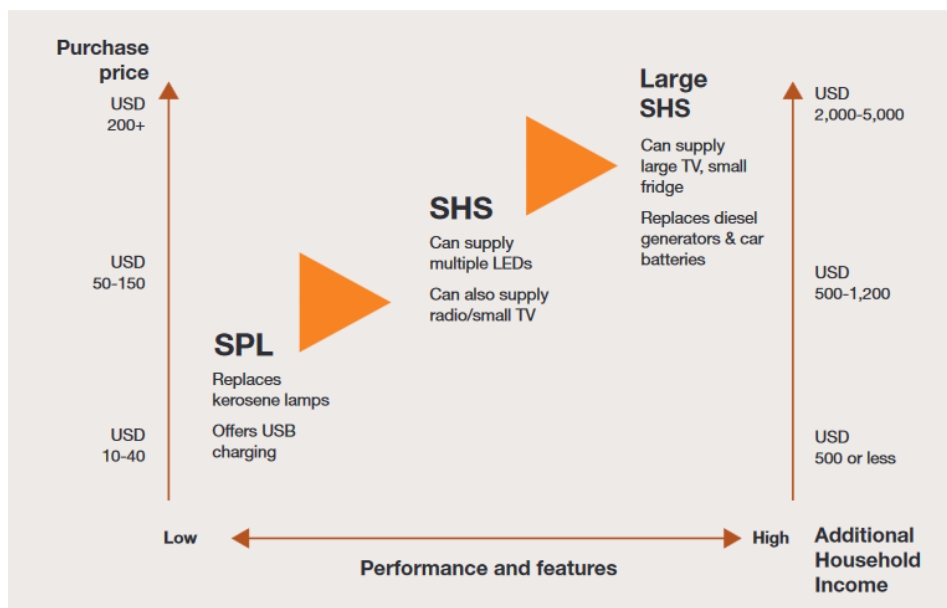


Figura 1: Categorias diferentes de produtos solares fotovoltaicos sem ligação à rede. [2]

Independentemente da sua dimensão, estes sistemas são constituídos principalmente pelos seguintes componentes:

- Painel solar: normalmente de silicone poli ou monocristalino, com uma potência até 10 ou 15 Wp (mas que pode atingir os 80 Wp quando anexados a *kits* que permitem a sua utilização em aplicações domésticas para alimentar sistemas *plug-and-play* de maiores dimensões);
- Bateria: maioritariamente de Li-Ion, mas também pontualmente de chumbo-ácido, com tensões inferiores a 12V, que permita o armazenamento de energia quando necessário;

- Controlador de carga: dispositivo que permita a proteção da bateria e seus circuitos de um uso indevido, impedindo cargas ou descargas profundas, de modo a prolongar o tempo de vida útil do equipamento;
- Cabos e fichas: necessários para estabelecer as devidas ligações aos dispositivos que irão ser alimentados.

A maioria dos sistemas de pequenas dimensões trazem incluído algum tipo de iluminação, como por exemplo, algum tipo de LED com uma elevada eficiência, sendo ainda principalmente associados a esse propósito: iluminação. [3][4]

Visto que estes sistemas apresentam custos gerais mais baixos, já que dispensam o fator que ainda tem limitado a proliferação dos sistemas PV convencionais de forma mais abrangente e rápida, o elevado custo inicial e de instalação, surgem como uma solução viável para as populações que não têm o poder económico para enveredar pelo caminho da tecnologia solar convencional. Para além disso, a simplicidade característica do seu funcionamento, permite a sua venda de modo mais direto e não requer especialistas, o que torna a sua introdução na sociedade mais fácil, especialmente onde a educação é vista como um luxo, e, portanto, a formação de profissionais na área é escassa.

Graças às vantagens da tecnologia “pico-solar” apontadas, esta tem vindo a desempenhar um papel importante na introdução e utilização da energia solar fotovoltaica em países subdesenvolvidos/em desenvolvimento, como o Peru, na América do Sul, grande parte dos países da região da África Subsaariana e ainda países asiáticos. E não se trata apenas da introdução desta energia renovável, mas sim de tornar acessível a eletricidade, em alguns casos, pela primeira vez, eletricidade essa que continua longe de chegar a inúmeras zonas e a centenas de milhões de pessoas.

Hoje em dia, a energia utilizada nas zonas rurais dos países em desenvolvimento tem por base fontes não renováveis (querosene) e “tecnologias rudimentares” (velas e baterias descartáveis), que para além de ineficientes, trazem problemas no que diz respeito à segurança (ou falta dela) e ao tratamento dos resíduos provenientes destas. O querosene, muito comum principalmente na África Subsaariana, para além de ser poluente e de contribuir para o aquecimento global, é ainda perigoso para a saúde, visto que ao ser utilizado no interior das habitações, diminui a qualidade do ar respirável. Segundo o *The World Bank*, a queima de querosene para iluminação em ambientes fechados é equivalente a fumar dois maços de tabaco por dia, o que é sem dúvida prejudicial principalmente para as crianças e idosos. [5] O querosene traz ainda desvantagens do ponto de vista económico, estimando-se que 15% do rendimento anual familiar na África é gasto na iluminação utilizando este tipo de combustível. Ao optar por uma alternativa solar, o investimento anual na iluminação passa para apenas 5% do rendimento familiar, diminuindo-se ao mesmo tempo os riscos de incêndio, danos pulmonares, na visão e eliminando-se por completo o aspeto tóxico adjacente à utilização do querosene.

No entanto, apesar de todos os aspetos positivos que a tecnologia solar apresenta, continua com dificuldades na entrada no mercado de forma mais forte, já que, por exemplo, nos países da África Subsaariana existem imensos subsídios que favorecem a utilização de combustíveis fósseis. Tais políticas, aliadas à tradição em usar tais fontes de energia, à falta de conhecimento

das alternativas por parte dos utilizadores, à fraca qualidade, em alguns casos, dos equipamentos presentes no mercado e à falta de suporte técnico oferecido aos utilizadores que optam por tecnologias renováveis, tornam a transição mais difícil. Contudo, estudos indicam que a venda de produtos com tecnologia “pico-solar” de pequenas dimensões (< 10 Wp) neste continente tem aumentado nos últimos anos – **Figura 2** –, atingindo as 4 milhões de unidades em 2014, estimando-se que até 2030 a venda de produtos de qualidade certificada atingirá as 17 milhões de unidades, um aumento significativo, comparativamente às 100 mil unidades registadas em 2010. [6]

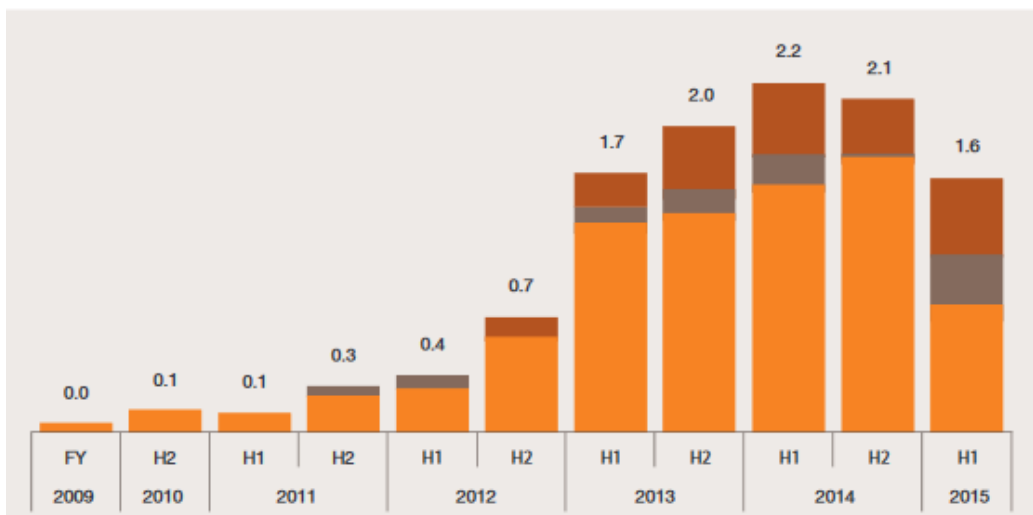


Figura 2: Número de vendas, em milhões de unidades de sistemas “pico solar” na África Subsaariana entre 2009 e primeira metade de 2015. [2] A laranja estão representadas as vendas de produtos verificados de acordo com a Lighting Global quality; a castanho e a cinzento, os distribuídos por outras empresas.

Esta estimativa contabilizou apenas as vendas de produtos de marca, licenciados. Os números atingem valores ainda superiores quando contabilizadas, ainda que controversamente, as vendas de produtos contrafeitos. Relativamente aos países que contribuem mais para estes números, Quênia, Etiópia e Tanzânia são os líderes, seguidos dos restantes países da África Subsaariana. A tecnologia “pico solar” está, portanto, a disseminar-se nestas regiões, tornando-se cada vez mais relevante.

3. LED, baterias e tratamento de resíduos

Como já mencionado, a iluminação utilizada nos países em desenvolvimento da região da África Subsaariana é ainda bastante rudimentar, baseando-se em práticas antigas e pouco eficientes. Isto deve-se principalmente ao facto de o acesso à eletricidade ser inexistente, sem qualquer ligação à rede. Até 2008, prevaleciam tais práticas; contudo, a partir de 2009, a introdução da tecnologia LED (que já começava a apresentar uma eficiência mais elevada, e, portanto, mais atraente) em conjunto com as baterias não-recarregáveis, tem vindo a substituir o querosene e as velas. De um modo geral, a utilização de fontes de iluminação tradicionais tem vindo a decrescer, sendo que a população se tem demonstrado mais satisfeita com a nova tecnologia.

A iluminação continua a ser uma das prioridades das populações rurais, sendo um fator importante para a disseminação da tecnologia LED, que apresenta custos inferiores ou no pior cenário, iguais aos do querosene, mas similar desempenho e maior eficiência. Ao mesmo tempo, a tendência de aumento dos preços do querosene que se tem registado nos últimos anos (de 240% entre 2000 e 2012), torna a opção por esta fonte de energia mais difícil. Independentemente do fator económico, as populações têm vindo a aperceber-se dos danos da utilização do querosene e ainda, simplesmente, do desconforto que a sua utilização causa (por exemplo, o cheiro intenso), inclinando-se cada vez mais para a utilização das lâmpadas com baterias não-recarregáveis, que são limpas e não trazem qualquer inconveniência ao bem-estar. As lâmpadas LED estão, por isso, cada vez mais disponíveis em áreas rurais, por mais remotas que possam ser.

A utilização de lâmpadas LED que funcionem com a tecnologia “pico-solar” apresenta-se ainda como uma tecnologia moderna, com custos mais elevados do que os registados ao se utilizarem as baterias não-recarregáveis. É por isso ainda ofuscada pelo conjunto anterior. Contudo, surge como uma possível solução para um grande problema associado às baterias: o seu tratamento após utilização. Nos países em análise, o tratamento de resíduos e sua reciclagem praticamente não existem, ou se existem, são muito deficientes e pouco desenvolvidos. Infelizmente, nas regiões de África, após a sua utilização, as baterias não-recarregáveis são deixadas de forma descuidada na natureza, em latrinas ou em zonas de queimadas ao ar livre, poluindo com os tóxicos libertados o ambiente circundante. Estima-se, por exemplo, que no Ruanda são descartadas aproximadamente 67 milhões de baterias anualmente, o que corresponde a 2500 baterias/m². Visto se tratar de um país com uma densidade populacional bastante elevada (410 habitantes/m²), tal negligência traz riscos para o bem-estar público e para as cadeias alimentares locais. Para além disso, pouco se conhece do conteúdo químico exato das baterias não-recarregáveis comercializadas em África, o que dificulta ainda mais a previsão dos impactos da forma como estas são tratadas após o seu tempo de vida útil se esgotar. Sabe-se, no entanto, que chumbo, cádmio e mercúrio serão constituintes prováveis, apresentando todos efeitos negativos para a saúde quando presentes em concentrações elevadas, que podem facilmente ser alcançadas quando muitas baterias descartadas ficam acumuladas. [7]

Obviamente, visto que até a própria tecnologia solar utiliza baterias, o problema do tratamento de resíduos não será totalmente erradicado, mas sim, diminuído, tendo em conta que as baterias utilizadas serão recarregáveis, com um tempo de vida útil superior (a maioria dos produtores garantem 2 anos). No entanto, continua a ser preocupante, especialmente quando as baterias utilizadas são de chumbo-ácido, tornando a sua reciclagem muito complicada de um modo geral, e ainda mais difícil no contexto dos países em desenvolvimento.

E infelizmente a problemática do tratamento residual não se reduz apenas às baterias. Apesar dos painéis solares e seus componentes apresentarem um tempo de vida elevado que ronda os 20 anos (ou mais), contém diversos materiais que poderão ser perigosos e poluentes, caso não sejam devidamente tratados aquando da sua desativação. O cenário piora quando considerados os equipamentos contrafeitos e de qualidade duvidosa, cujo tempo de vida é muito inferior, acabando como resíduos muito mais rapidamente e em muita mais quantidade. De momento, a reciclagem dos módulos solares não está a ser abordada, sobretudo por ainda se tratar de uma

tecnologia recente e por se considerar o seu elevado tempo de vida, não existindo ainda material suficiente que torne o seu tratamento economicamente atrativo. No entanto, estes resíduos tornar-se-ão extremamente problemáticos nas próximas décadas, caso o seu tratamento continue a não ser efetuado, tendo em conta que a sua compra e utilização está em crescimento e que os equipamentos colocados em funcionamento no presente, atingirão o fim do seu tempo de vida. [1]

4. Crescimento do mercado comercial para sistemas “pico-solar”

De acordo com os valores apresentados anteriormente, espera-se então que uma transição como a presenciada, da utilização de querosene para a utilização da tecnologia LED, aconteça rapidamente, de modo a deixar as baterias não-recarregáveis no passado, e optar pela tecnologia solar, como a “pico-solar”.

As melhorias observadas na eficiência da iluminação a LED e diminuição do custo desta tecnologia, têm influenciado largamente o mercado “pico-solar”, permitindo que o desempenho de tais sistemas se tornasse cada vez melhor e ao mesmo tempo, mais acessível do ponto de vista económico. Quanto mais elevada for a eficiência, menor será o preço dos sistemas, visto que torna possível obter um mesmo resultado com um conjunto de módulos PV de menores dimensões, e, portanto, mais barato. Quando associamos a tecnologia LED a baterias recarregáveis de elevado desempenho (nomeadamente, as de lítio), os resultados são ainda mais favoráveis, ou seja, os custos ainda mais baixos.

Em várias regiões rurais Africanas, equipamentos domésticos comuns como televisões, frigoríficos e ventoinhas são alimentadas por sistemas solares domésticos (SHS). Estes sistemas estão, por vezes, compreendidos na categoria “pico-solar” de potência mais elevada. Ora, o preço dos módulos PV tem sofrido um declínio ao longo dos anos, passando por exemplo de \$2/watt em 2009, para \$0,75/watt em 2014, tornando, conseqüentemente, os SHS mais económicos. Além disso, estudos indicam que os sistemas poderão ser ainda mais baratos caso os equipamentos domésticos que alimentem sejam cada vez mais eficientes, como pode ser observado no gráfico da **Figura 3**.

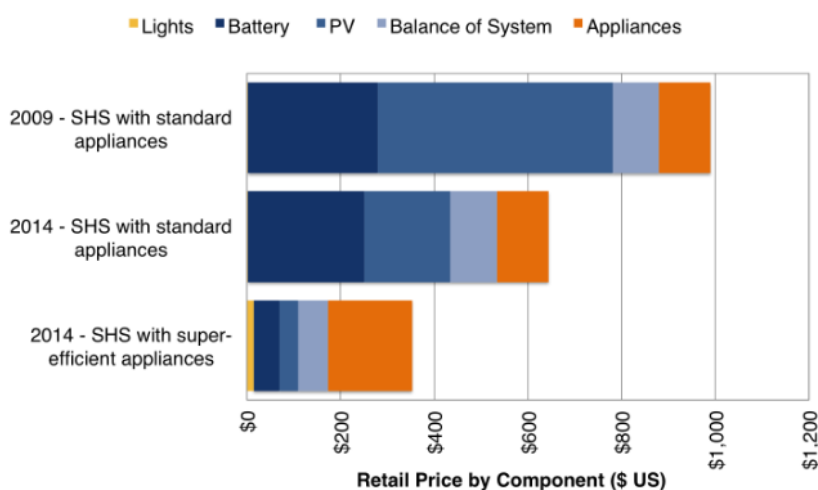


Figura 3: Custo de aquisição de sistemas solares domésticos (SHS) que têm um mesmo output, mas que funcionam aliados a equipamentos com eficiências diferentes.

Tanto o tamanho dos módulos solares utilizados como a capacidade da bateria diminuem com o aumento da eficiência dos equipamentos que utilizam a energia produzida. O consumo diário diminuiu, neste exemplo em concreto, de 354 Wh para 77 Wh (módulo de 27 Wp), uma redução de 78%, o que tem um impacto significativo nos custos associados. [8]

Tal tendência reforça ainda mais a importância da “pico-solar”, reforçando a ideia de que pequenos sistemas solares poderão, eventualmente, fornecer energia suficiente para alimentar dispositivos cada vez mais sofisticados, desde que eficientes. No entanto, a atenção dada a esta tecnologia continua a não ser tanta como esperado. O mercado da “pico-pv” centra-se nas zonas rurais pobres, sendo modelos como o *pay as you go* bastante comuns. Estes modelos apresentam uma alternativa ao investimento inicial de forma total, permitindo ao utilizador pagar apenas o que utiliza, sendo o sistema desativado quando o pagamento não é efetuado. É assim facilitado ainda mais o acesso à energia solar. Contudo, estudos apontam que tais serviços poderão não ser tão baratos como publicitado, acentuando uma urgente necessidade da criação de políticas que monitorizem tais negócios, de forma a garantir o bem-estar do consumidor e de forma a ajudar na propagação da “pico-solar”, tornando-a uma opção a ter cada vez mais em conta. [1]

5. Standards e produção

Como mencionado anteriormente, a contrafação e a venda de produtos de menor qualidade, apresentados como sendo viáveis, é uma realidade nas regiões em estudo e é algo problemático. Problemático, visto que implica muitas vezes um tempo de vida dos equipamentos muito mais baixo do que o esperado ou publicitado, uma produção energética deficiente e uma substituição (logo, novo investimento) do sistema precoce. Assegurar que os equipamentos colocados no mercado apresentam as características devidas é extremamente importante, especialmente quando o poder económico do comprador é baixo, sendo indispensável que o seu investimento esteja bem alocado. Surgem então os *quality standards*.

A *Lighting Global*, iniciativa do *World Bank Group*, tem como objetivo aumentar de forma rápida o acesso à energia solar em zonas sem ligação à rede, e trabalha com produtores, distribuidores, governos e outros parceiros de desenvolvimento, de modo a construir um mercado de energia solar moderno e confiável. Afirma-se que até à data os produtos de qualidade verificada por esta iniciativa chegaram a mais de 131 milhões de pessoas, garantindo as necessidades básicas de iluminação a mais de 39 milhões de pessoas. Afirmam ainda que os produtos comercializados entre 2008 e 2016 permitiram evitar a emissão de quase 2 milhões de toneladas de gases com efeito de estufa, já que substituíram a utilização de querosene.

No que diz respeito aos *quality standards* estabelecidos para a “pico-pv”, a *Lighting Global* mantém dois conjuntos de padrões de qualidade: um para os produtos “pico” (produtos de iluminação sem ligação à rede com uma potência instalada inferior a 15 Wp) e outro para os *kits* de sistemas solares domésticos (SHS). Para que os produtos recebam o certificado de qualidade, são analisados em centros especializados, que recolhem amostras aleatórias e conduzem testes para comprovar se o seu funcionamento está de acordo com os padrões estabelecidos.

Para os equipamentos “pico-solar” são analisadas sete características:

- Veracidade do que é publicitado: a embalagem tem que apresentar as informações referentes ao produtor, o *output* de iluminação que se deve esperar, bem como o tempo de funcionamento, especificações sobre o carregador, tipo de lâmpada, entre outros;
- Manutenção do lúmen: o *output* de luz após 2000 horas de utilização, tem que ser igual ou superior a 85% do *output* verificado no instante zero;
- Baterias: a proteção deve ser garantida por um controlador de carga; no caso de sistemas *pay as you go*, tem que se garantir que a proteção da bateria continua ativa, mesmo que o sistema não esteja;
- Bem-estar e segurança: as baterias não podem conter mercúrio ou cádmio e os produtos são se modo geral seguros;
- Durabilidade e qualidade: existe proteção adequada de modo a evitar que o sistema falhe precocemente; é verificada a proteção física dos circuitos, a proteção contra danos por água, são feitos testes de queda, verificada a qualidade de soldura e dos circuitos, entre outros;
- Garantia: deve estar apresentada de forma visível e clara; incluindo a bateria, deve garantir no mínimo o funcionamento sem problemas durante um ano. [9]

Caso os padrões de qualidade sejam atingidos, o produto poderá ser comercializado, garantindo um bom funcionamento e um bom investimento ao utilizador.

Infelizmente, a produção e o controlo da qualidade nos países em desenvolvimento são tarefas ainda difíceis. O continente Africano deve investir na produção, de forma a desencadear a sua industrialização, algo que até à data não se tem observado. No setor solar, existem apenas duas empresas que estejam implicadas nalgum tipo de produção ou apenas montagem dos equipamentos (que continuam a ser fabricados internacionalmente). Para que o fabrico se torne local, devem ser investidas grandes quantidades de capital e têm que ser abordadas diversas burocracias, ambas ações que muito dificilmente poderão ser levadas a cabo de momento. Mas tal desenvolvimento é muito importante para a criação de emprego e é uma área na qual se deveria investir cada vez mais. Caso o fabrico fosse local, o controlo de qualidade (quando bem feito) seria uma vantagem, já que a monitorização da qualidade dos produtos importados se tem tornado uma tarefa complicada. Durante um estudo efetuado em 2017, mais de 54% dos consumidores tiveram problemas com os equipamentos adquiridos, sendo que mais de metade das vezes o problema não pode ser resolvido, obrigando-os a adquirir novos *kits* ou simplesmente voltar à energia utilizada previamente.

6. Atenção ao consumidor

De modo a que a tecnologia solar fique assente em bases sólidas, investimentos na inovação científica e tecnológica, bem como, na educação da população em relação às tecnologias renováveis, são indispensáveis, sendo ainda grande parte do problema central.

Quando abordado o problema da ainda relativamente baixa utilização da “pico-solar”, surge a comparação com a utilização dos telemóveis, que sofreu um crescimento brutal no continente

Africano. Mesmo sem eletricidade, grande parte da população possui telemóveis, sugerindo que talvez a pobreza não seja o principal fator que limite o crescimento do mercado solar, mas sim, a falta de informação que chega à população, em relação aos benefícios que a energia solar tem associados.

Estudos indicam que a maioria dos utilizadores de *kits* solares estarão satisfeitos com os seus equipamentos. No entanto, surge a vontade de ter sistemas com desempenhos cada vez mais superiores, que permitam não só uma iluminação mais intensa, mas também baterias de maior qualidade, capacidade e menor custo de substituição, e ainda a possibilidade de utilizar a eletricidade para alimentar dispositivos cada vez mais diversificados. O carregamento de telemóveis e a utilização de rádios continuam como duas das principais aplicações procuradas após a iluminação.

A disponibilização da informação de forma acessível ao consumidor, bem como, a atenção dada às necessidades do mesmo, são áreas às quais deverá ser dada atenção, juntamente com a monitorização dos produtos comercializados. A qualidade dos mesmos tem que ser garantida, especialmente nos casos em que o consumidor provavelmente apenas terá capacidades para adquirir um só equipamento, não lhe sendo possível voltar a investir caso este deixe de funcionar de forma abrupta. [1]

7. Conclusão

A tecnologia “pico-solar” é apresentada como vantajosa do ponto de vista económico, já que apresenta dimensões reduzidas que requerem, portanto, uma reduzida área de células solares. As dimensões reduzidas invalidam a necessidade da construção de amplas infraestruturas (elevados custos de instalação), o que é também apontado como uma vantagem. Nos países desenvolvidos, tal tecnologia é indicada para o fornecimento de energia a gadgets; nos países em desenvolvimento surge como uma possível solução para um problema que ainda perdura, a falta de iluminação, problema esse que impacta diversos aspetos da vida quotidiana das populações. É ainda apontada como a alternativa para o uso de fontes de energia convencionais, como o querosene em alguns países Africanos. Apesar das mais valias que apresenta, a falta de conhecimento por parte do público alvo da existência desta tecnologia e do seu potencial, continua a ser um entrave na sua possível utilização mais alargada.

De qualquer das formas, o mercado “pico-solar” tem crescido nas regiões em desenvolvimento, contudo nem sempre respeitando padrões de qualidade, sendo o facto de grande parte dos equipamentos utilizados provir de importação um entrave na monitorização de que tais *standards* são respeitados. Para além disso, o tratamento residual inexistente ou deficiente nas regiões em estudo, traz problemas, problemas esses que deverão ser abordados de forma a evitar os impactos presentes, do não tratamento das baterias, e futuros, da não reciclagem dos painéis solares e seus constituintes.

A tecnologia “pico-solar” poderá ser cada vez mais relevante quando associada a equipamentos cada vez mais eficientes. O facto da sua capacidade ter vindo a aumentar é algo positivo, desde que garantido que o seu custo e qualidade não são colocados em causa. De um

modo geral, é compreensível o porquê de ser apontada como a energia solar a introduzir nas regiões mais necessitadas.

8. Referências

[1] Benard Muok, “Accelerating Energy Access to the Rural Poor in Kenya through Pico-Solar Market Development”, Jaramogi Oginga Odinga University of Science and Technology, outubro, 2017

[2] UNEP, “The emerging market for pico-scale solar PV systems in Sub-Saharan Africa, from donor-supported niches toward market-based rural electrification” [Online] Disponível em: https://www.gogla.org/sites/default/files/recource_docs/market-pico-solar_web.pdf [Consultado a: 30 de dezembro de 2018]

[3] Alternative Energy Tutorials, “Pico Solar System” [Online] Disponível em: <http://www.alternative-energy-tutorials.com/energy-articles/pico-solar-systems.html> [Consultado a: 28 de dezembro de 2018]

[4] Energypedia, “Features of PicoPV Systems” [Online] Disponível em: https://energypedia.info/wiki/Features_of_PicoPV_Systems [Consultado a: 28 de dezembro de 2018]

[5] UCLA IoES, “Making solar power affordable in developing countries” [Online] Disponível em: <https://www.ioes.ucla.edu/news/making-solar-power-affordable-developing-countries/> [Consultado a: 2 de janeiro de 2019]

[6] Solar Magazine, “Pico-Scale Solar for Pico-Rural Growth in Africa” [Online] Disponível em: <https://solarmagazine.com/pico-scale-solar-for-pico-rural-growth/> [Consultado a: 2 de janeiro de 2019]

[7] BENSCH, Gunther, PETERS, Jorg, SIEVERT, Maximiliane, “The lighting transition in rural Africa – From kerosene to battery-powered LED and the emerging disposal problem”, agosto, 2017

[8] Phadke, Amol A et al, “Powering a Home with Just 25 Watts of Solar PV: Super-Efficient Appliances Can Enable Expanded Off-Grid Energy Service Using Small Solar Power Systems”, 2017

[9] Lighting Global, “Pico-PV Quality Standards” [Online] Disponível em: <https://www.lightingglobal.org/about/> [Consultado a: 4 de janeiro de 2019]