

Smart Energy: Um novo contexto

EMC 5003 – Tecnologia e Desenvolvimento

Gabriela Suzin – gabrielapsuzin@gmail.com
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Departamento de Engenharia Mecânica - EMC
Florianópolis, SC

Thiago Deeke Viek – thiago.viek@gmail.com
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Departamento de Engenharia Mecânica - EMC
Florianópolis, SC

Resumo:

Os centros urbanos, frente ao aumento populacional, vêm enfrentando problemas cada vez maiores e cada vez mais difíceis de se solucionar ao longo prazo, sendo a produção e distribuição de energia um dos maiores desafios. A aplicação da tecnologia nestes ambientes aparece como instrumento, de forma a tornar a sua gestão e organização mais inteligentes e com respostas mais rápidas. Desta forma, este artigo introduz o funcionamento da gestão energética dentro do conceito de smart city, abordando primeiramente o conceito por trás da cidade inteligente, apresentando métodos de produção de energia renovável que se alinham com a proposta, relatando a integração de uma estrutura descentralizada de produção e distribuição de energia, através da chamada smart grid, e, por fim traz projetos e desenvolvimentos na área ao redor do planeta.

Palavras-chave: *smart cities*, gestão energética, energias renováveis, *smart grid*.

1. Introdução:

As *smart cities* são um novo conceito de cidades. Elas buscam corrigir as mazelas existentes em centros urbanos em múltiplos níveis: desde o problema do saneamento básico até a mobilidade humana, ou produção e distribuição de energia. Este conceito surgiu da necessidade de reorganizar a gestão das cidades e melhorar a qualidade de vida das pessoas. A proposta das *smart cities* é, portanto, alcançar este patamar utilizando a tecnologia como meio facilitador, e produzindo o mínimo de impacto ao meio ambiente. Atualmente, problemas como a crise energética global, a dificuldade de locomoção nos centros urbanos e o obstáculo na produção de água potável requerem um olhar cuidadoso no planejamento das cidades, de modo a evitar que seja traçado um caminho rumo a danos irreparáveis.

Desta maneira, surge a motivação para a estruturação de ambientes urbanos inteligentes. De acordo com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (2006), “uma Cidade Inteligente é aquela que coloca as pessoas no centro do desenvolvimento, incorpora tecnologias da informação e comunicação na gestão urbana e utiliza esses elementos como ferramentas que estimulam a formação de um governo eficiente, que engloba o planejamento colaborativo e a

participação cidadã. *Smart Cities* favorecem o desenvolvimento integrado e sustentável tornando-se mais inovadoras, competitivas, atrativas e resilientes, melhorando vidas”.

2. Fontes de energia:

Faz parte das cidades inteligentes um planejamento urbano que tenha sido arquitetado com sensibilidade para compreender e aproveitar as ofertas energéticas peculiares de cada localidade. Tanto em larga quanto pequena escala.

Energia Solar

As cidades próximas aos trópicos e linha do equador, por exemplo, que recebem luz solar com grande intensidade e constância ao longo do ano, podem de alguma maneira aproveitar esse potencial energético. A solução tecnológica que vai de encontro a esse atributo, são as placas solares para geração de energia. Elas estão espalhadas pelo mundo nos mais diversos tamanhos e arranjos. As placas que captam a energia do sol e a transforma em energia elétrica são adaptáveis tanto aos telhados das casas quanto à construção de grandes usinas solares. Isso as torna um valioso artifício para produção de energia. Além disso, essa modalidade de geração de energia se destaca por ser limpa e segura, pois não gera resíduo e não coloca vidas em risco no processo. A geração em pequena escala se estende a painéis solares em residências, espaços comerciais e industriais. Um painel fotovoltaico (FV) de 100 Wp no Brasil pode produzir em média um máximo entre 400 e 650 Wh por dia (ou entre 12 e 20 kWh por mês).

Diversos países investem nessa tecnologia, tais como Estados Unidos, Alemanha, China, Índia, Israel, África do Sul e Espanha. A Figura 1 mostra a potência instalada de algumas dessas localidades. Os dados são de 2016, do Ministério de Minas e Energia.

Figura 1 - Geração e Potência Solar Instalada no Mundo.

Geração e Potência Instalada Solar no Mundo - 2016

País	Geração (TWh)	% da Geração Total	Potência Instalada (MW)	Fator de Capacidade (%)	Expansão no Ano (GW)
1 China	66,2	1,1	78.070	13,2	34,5
2 Estados Unidos	56,8	1,3	40.300	18,6	14,7
3 Japão	49,5	4,9	42.750	14,9	8,6
4 Alemanha	38,2	5,9	41.275	10,8	1,5
5 Itália	22,9	8,1	19.279	13,7	0,4
6 Espanha	13,6	5,0	5.490	28,3	0,1
7 Índia	11,9	0,8	9.010	18,8	4,0
8 Reino Unido	10,3	3,1	11.727	11,0	2,0
9 França	8,3	1,5	7.130	13,8	0,6
10 Austrália	7,2	2,8	5.488	15,8	0,8
11 Coreia do Sul	5,2	0,9	4.350	15,2	0,9
12 Grécia	4,0	8,2	2.611	17,5	0,0
13 África do Sul	3,3	1,3	1.544	27,6	0,5
14 Canadá	3,1	0,5	2.715	13,4	0,2
15 Bélgica	3,0	3,6	3.422	10,1	0,2
Outros	29,7	0,4	26.313	14,6	6,3
Mundo	333,1	1,4	301.473	14,4	75,1
% do mundo	1,4		4,7		34,9

Fonte: <http://www.mme.gov.br>. Acesso em 23.06.2018.

Para geração de energia solar térmica concentrada (ou seja, em grande escala), utiliza-se o termo CSP (*Concentrating Solar Power*). O princípio de funcionamento compreende transformar a irradiação solar direta em energia térmica e subsequentemente em energia elétrica. De acordo com (Energia Solar no Brasil e Mundo, 2017) a tecnologia CSP inclui quatro modalidades: Calha Parabólica (CP) (Figura 2), Refletor Fresnel (RF), Torre Solar (TS) (Figura2) e Disco Solar (DS). Enquanto as plantas CP e RF concentram os raios do sol em uma linha focal e atingem temperaturas operacionais entre 300 e 550 ° C, as plantas TS e DS concentram a luz do sol em um único ponto focal, e atingem temperaturas mais altas. Os espelhos refletores podem ser móveis ou fixos, e em conjunto ou não com os pontos focais.

Figura 2 – Plantas CP, à esquerda, e TS, à direita.

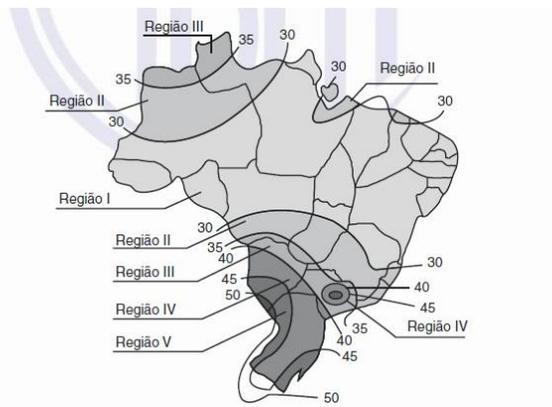


Fontes: <http://www.newenergyupdate.com> (esquerda), <http://helioscsp.com/> (direita). Acesso em 23.06.2018.

Energia Eólica

Outra alternativa para a geração de energia limpa e renovável é através da energia eólica, que se utiliza do movimento de massas de ar (vento) que passa por hélices ligadas a geradores. A velocidade de rotação das hélices, conectadas a um gerador de eletricidade, gera energia. As hélices possuem o mesmo formato das asas dos aviões e usam os mesmos princípios aerodinâmicos. Para cidades localizadas em zonas de corredores de ventos, essa é uma alternativa adequada para geração de energia. Na Figura 3 é possível visualizar as características da intensidade do vento no território brasileiro.

Figura 3 – Isopletas da velocidade do vento



Fonte: ABNT NBR 6123

Em fevereiro de 2018, o Brasil possuía capacidade instalada de geração de 13 GW, correspondendo a cerca de 8% de participação na matriz elétrica nacional. Contabilizaram-se 518 parques eólicos e a energia eólica gerada podia abastecer cerca de 24 milhões de residências. Os estados brasileiros que possuem a maior quantidade de parques eólicos são: Rio Grande do Norte, Bahia, Rio Grande do Sul e Ceará.

Biogás

O reaproveitamento de resíduos como fonte de produção de energia é outra alternativa que se adequa ao modelo de cidade inteligente. Sendo a produção e o destino do lixo um problema inerente a todas as cidades, independente da localização, o aproveitamento do potencial energético de resíduos materiais é uma solução que atende a vários dos problemas, e, por isso, se mostra muito interessante.

É possível extrair energia do lixo através do biogás, que é o gás resultado da fermentação anaeróbica (em ausência de oxigênio ou de ar) da biomassa por bactérias. Resíduos agrícolas, madeira, bagaço de cana-de-açúcar, esterco, cascas de frutas e restos animais e vegetais, são exemplos de biomassa. Segundo Zanette (2009), a produção do biogás, além de ser uma alternativa energética e ser um combustível de baixo custo por se originar de um subproduto, encaixa-se perfeitamente dentro das disposições apresentadas pelo Banco Mundial de uso sustentável dos recursos naturais renováveis, de combate à poluição e ao desperdício de energia, em conjunto com um melhor gerenciamento dos dejetos como elementos fundamentais para o desenvolvimento sustentável.

O biogás pode ser usado como gás combustível em substituição ao gás natural ou gás liquefeito de petróleo (GLP), ambos extraídos de fontes de recursos não renováveis. O biogás pode ser utilizado na geração de energia elétrica, através de geradores, e de energia térmica, por exemplo, no aquecimento de instalações rurais para animais muito sensíveis ao frio ou no aquecimento de estufas de produção vegetal (WALSH,1988).

Energia Geotérmica

Outro exemplo a ser apresentado é a energia geotérmica, que deriva do fluxo de energia térmica advinda do centro terrestre. A eletricidade geotérmica é bastante barata quando as condições geológicas do solo em uma determinada região são satisfeitas, apesar de apenas poucas localizações do globo possuírem tais características.

Poligeração

Finalmente, a poligeração, também conhecida como multigeração, emergiu como um esforço de utilização de combustíveis fósseis mais eficientemente entregando diferentes entradas de diferentes tipos de vetores energéticos de uma única fonte (geralmente gás-natural que é queimado para produção de eletricidade, sendo a parcela de calor liberada ao meio utilizada para outros fins). Juntamente ao aumento da eficiência total, esta abordagem reduz as emissões de CO₂, um dos principais agentes de intensificação do efeito estufa. A grande desvantagem desta tecnologia é o seu elevado custo na pequena escala. Células de hidrogênio, por exemplo, representam uma das tecnologias disponíveis para pequenas aplicações, mas o custo de produção é mais alto que os meios convencionais.

A partir do final da segunda metade dos anos de 70, o setor elétrico entrou em uma nova fase em vários países. A elevação dos custos de geração de energia elétrica segundo tecnologias convencionais, por questões tecnológicas, e o processo recessivo nos países industrializados, associados aos sucessivos choques do petróleo, aceleraram as reformas institucionais do setor.

Estas reformas, eminentemente de caráter descentralizador, levaram à definição de um maior espaço para cogeração, à produção elétrica em pequenas escalas, ao uso mais intenso de fontes energéticas renováveis e à produção independente das concessionárias (WILLIANS & LARSON, 1993).

3. Produção de Energia nas *Smart Cities*:

Um dos aspectos mais atraentes a respeito da geração urbana de energia inteligente, pelo menos do ponto de vista do consumidor, é a possibilidade de romper a hegemonia de um sistema de distribuição centralizado e tornar a produção cada vez mais local e adaptada à respectiva realidade. Além disto, Maier (2013) apresenta que, do ponto de vista da gestão energética de uma comunidade ou cidade, é mais eficaz a consideração de um portfólio de tecnologias de produção de energia do que concentrar todos o foco sobre uma única solução. Desta forma, a proposta de *smart-city* oferece aos seus habitantes a oportunidade de escolha das mais diversas fontes de energia para emprego local.

Os *microgrids*, em português microrrede, são grupos localizados de produção de energia que, a princípio, encontram-se conectados à macrorrede, mas que possuem autonomia para produzir a sua própria e não depender da distribuição externa, de maneira que a sua desconexão pode ser realizada em qualquer momento. A proposta desafia a estrutura urbana vigente, porém os projetos que envolvem *microgrids* oferecem uma breve noção de como a produção e distribuição de energia partindo do nível local pode melhorar a infraestrutura do sistema.

As fontes energéticas mais difundidas neste conceito são apresentadas abaixo.

Figura 4 - Comparação das fontes de energia renovável mais comuns.

Generator	Power ^b		Dispatchable	Efficiency ^c	Common application ^d
	<i>e</i>	<i>t</i>			
Solar PV	X	–	No	L	Hh, B
Solar TC	–	X	No	M	Hh, B,
Solar CSP	X ^a	X	Yes	M	(D)t/(D, P)e
Solar PVT	X	X	No	M-H	Hh, B, D
Wind power	X	–	No	M	D, P
Poly-generation	X	X	Yes	H	B, D
Biomass	X	X	Yes	M	(Hh, B, D)t/(D, P)e
Geothermal	X ^a	X	Yes	H	(Hh, B, D)t/(D, P)e

^aIndirect production

^b*e* electric, *t* thermal

^cL low(<30 %), M moderate (≤60 %), H high (>60 %)

^dHh household, B building, D district, P power plant

Fonte: Miralles, 2010.

Muitas fontes de energia renovável podem ser potencialmente utilizadas em smart-cities. No entanto, fatores importantes como a posição geográfica do local, perfis de demanda, tarifas de energia e regulamentações precisam ser levadas em conta para selecionar o conjunto de tecnologias ótimo para aplicação. De acordo com Miralles (2010), a seleção adequada de tecnologias e o dimensionamento correto dos sistemas implementados são cruciais para a viabilidade econômica de projetos de geração descentralizada.

De modo a analisar a lucratividade da aplicação de tal sistema, Miralles (2010) selecionou as 5 tecnologias de geração de energia renovável mais comuns para análise econômica da expansão da geração descentralizada e comparou com os custos de utilização da potência elétrica advinda da rede central. Estas tecnologias foram: coletores térmicos solares (*thermal collectors*, TC),

bombas de calor (*heat pumps*, HP), painéis fotovoltaicos (PV), e combinações de painéis fotovoltaicos com baterias e bombas de calor, Figura 5. A análise revelou que as combinações estudadas já são alternativas financeiramente interessantes para abastecimento de energia em pequena escala. Por isso, como se espera que ao longo dos próximos anos a eficiência de tais sistemas aumente e seus custos diminuam, estas fontes possuem um futuro promissor e deveriam ser seriamente consideradas como alternativas viáveis de produção de energia. É preciso salientar, porém, que apesar da viabilidade econômica destes sistemas, muitos desafios técnicos e regulatórios precisam ser devidamente tratados para alcançar uma implementação bem-sucedida.

Figura 5 - Resultados da análise de viabilidade econômica de implantação de fontes de energia renováveis.

Scenario	PV (kW)	Batteries (kW)	Thermal (kW)	Total energy costs (USD)	Savings (%)
No renewable sources	0	0	0	33,819	0
TC	0	0	3.4392	30,681	9.28
Air source HP (COP = 2.5)	0	0	1.092	27,100	19.87
Air source HP (30 %)	0	0	0.7644	29,673	12.26
PV + batteries	0.6236	0.5198	0	32,635	3.50
PV + batteries + TC	0.6453	0.5654	3.4392	29,480	12.83
PV + batteries + HP	0.6474	0.5698	1.092	25,897	23.42
PV + batteries + HP (30 %)	0.6748	0.3255	0.7644	28,378	16.09
PV + batteries + HP (30 %)	0.5693	4.8451	0.7644	27,134	19.77

battery cost = 0.35 USD/Wh

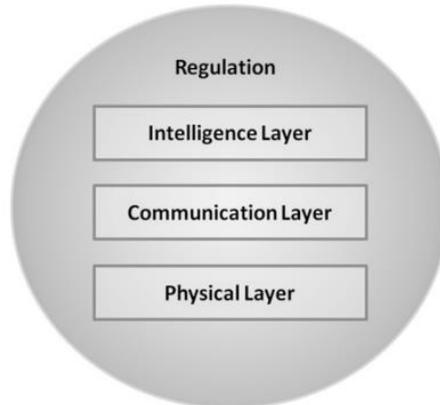
Fonte: Miralles, 2010.

Assim, Miralles (2010) apresenta uma proposta de arquitetura para a integração da cadeia de fontes de energia renováveis no contexto de uma cidade inteligente. A próxima seção apresentará esta proposta.

3.1. Arquitetura de Integração de fontes de energia renováveis em um contexto *smart city*:

A arquitetura para o desenvolvimento de uma smart-city é baseada em três principais camadas, sendo cada uma delas referidas a uma das seguintes funcionalidades: inteligência comunicações e infraestrutura com sensores e atuadores. Tudo isto sendo construído sobre um projeto regulatório apropriado.

Figura 6 - As camadas da arquitetura para desenvolvimento de smart cities.



Fonte: Miralles, 2010.

A camada mais baixa, camada física (*physical layer*), é composta pelos elementos físicos que são necessários na smart city, como sensores e atuadores. Estes sensores são fundamentais para a realização de medições no ambiente e detectar os principais eventos que ocorrem na cidade, como o comportamento de serviços básicos como gás, fornecimento de água, trânsito, esgoto, uma vez que estas são as informações necessárias para o processo de tomada de decisão nos níveis superiores. Já os atuadores são responsáveis pela tomada de ação julgada pelo sistema de inteligência.

O segundo nível é o de comunicações (*communication layer*), que conecta as camadas físicas e de inteligência. Esta dá suporte na troca de informações entre os sensores e atuadores, localizados na cidade, e o centro de inteligência, localizado no centro de controle da smart city. Este sistema de comunicações é composto por qualquer tipo de tecnologia de informação e comunicação, e é sem dúvida é um componente crítico para o correto funcionamento da smart city.

A última camada é a de inteligência (*intelligence layer*). É composta por todos os sistemas de inteligência da smart-city designados a processar as informações vindas das medições dos sensores, realizar as decisões apropriadas e fornecer as saídas necessárias aos atuadores para otimizar os serviços da *smart city*.

Novamente, é importante notar que as regulações presentes no local do projeto de smart city limitam a implementação de ações em cada um dos níveis apresentados.

4. Smart grid:

No ano de 2011, o Brasil sofreu uma ocasião de seca prolongada, na qual as usinas hidroelétricas estavam produzindo muito menos do que o suficiente de energia derivada de suas fontes renováveis. Em todo o país, o consumo de energia elétrica teve de ser reduzido em 20% dentro de um período muito curto (MINISTÉRIO DA ENERGIA, 2018). Isso só evidencia como soluções que integrem a tecnologia na infraestrutura energética do país são necessárias para evitar eventos desta magnitude no futuro. As soluções de smart grid mostram-se grandes favoritas neste sentido.

As *smart grids* são redes inteligentes de transmissão e distribuição de energia, baseadas na comunicação interativa entre todas as partes envolvidas na cadeia de conversão, produção e distribuição de energia. Elas conectam unidades descentralizadas de geração grandes e pequenas com os consumidores para formar uma estrutura ampla. Elas controlam a geração de energia e evitam sobrecargas da rede, já que durante todo o tempo apenas é gerada a potência necessária. A smart grid é composta por vários atores: produtores, reservatórios, usuários e equipamentos de transmissão e distribuição de energia. Além disto, é uma rede de comunicação que controla e monitora os elementos integrantes, o que gera uma grande quantidade de informação e dados de processamento. Estas informações servem para adaptar e corrigir o funcionamento da rede a cada usuário, de modo a otimizar o fornecimento (KNAB, 2010)

Segundo Miralles (2010), um sistema de energia inteligente precisa garantir que as comunidades de uma região possam conectar-se à rede de distribuição e que esta possa ser controlada e monitorada, de forma a otimizar a resposta ao consumo de energia.

A *smart grid* é o resultado da combinação de uma rede de distribuição de energia e a infraestrutura de comunicação e informação. Um sistema de comunicação em dois sentidos, i.e. do cliente com a rede e da rede com o cliente, deve ser estabelecida através da instalação de uma infraestrutura avançada de medidores inteligentes de energia no nível de distribuição. Os medidores de energia térmica, conhecidos como termostatos inteligentes, são responsáveis pelo controle de sistemas de aquecimento, ventilação e refrigeração, que são as maiores fontes de consumo em unidades residenciais, através da presença de sensores de posição e temperatura. Já os medidores de energia elétrica tem por função coletar o consumo de eletricidade nas unidades que fazem parte da smart grid.

5. Projetos *smart grid*:

Existem iniciativas no mundo inteiro para atingir o status de cidade inteligente e adequar as tecnologias disponíveis aos ambientes urbanos. Este capítulo apresenta projetos que contemplam a proposta.

Atualmente, um dos projetos ligados ao conceito smart-city mais proliferados é o da cidade transnacional árabe NEOM, onde uma cidade planejada para dois milhões de habitantes com mais de 26.000 km² de área, equivalente a 17 cidades de São Paulo, será construída na fronteira entre a Arábia Saudita, a Jordânia e o Egito.

Figura 7 - Projeto NEOM.



Fonte: NEOM Project.

A proposta é a construção de uma cidade do futuro com U\$ 500 bilhões que deixe a estrutura saudita dependente do petróleo e passe a utilizar fontes renováveis para 100% da

produção energética regional para abastecimento da demanda (BLOOMBERG, 2017). Prevê-se que o ambiente atrairá investidores e empresas que acreditam na proposta, de modo que as estimativas afirmam que em 2030 o PIB da cidade girará em torno de U\$ 100 bilhões, o equivalente à cidade de Las Vegas.

Além de a cidade ser abastecida com 100% de sua energia provinda de fontes renováveis, a sua mobilidade urbana será baseada em uma infraestrutura baseada 100% na potência advinda da energia solar e eólica (THE EHICALIST, 2018).

Outro grande exemplo a ser citado é a Islândia, já que até 2020 o país pretende consolidar uma smart-grid 100% baseada em fontes de energia renováveis e capaz de armazenar energia, sistema conhecido como EES (Electricity Energy Storage). Este armazenamento é realizado através de baterias e super-capacitores. A tecnologia já encontra-se disponível ao redor do mundo há vários anos, sendo o progresso tecnológico e científico o motivo, pelo qual técnica pode hoje ser aplicada.

A empresa Panasonic completou em 2015 o projeto Fujisawa Sustainable Smart Town em uma comunidade da região oeste de Tóquio, no Japão. Seus 1000 lares são conectados a uma smart-grid que entrega energia provinda de pequenas estações de geração a partir de placas fotovoltaicas, de modo que esta região pode permanecer por mais de três dias sem depender de abastecimento da rede centralizada.

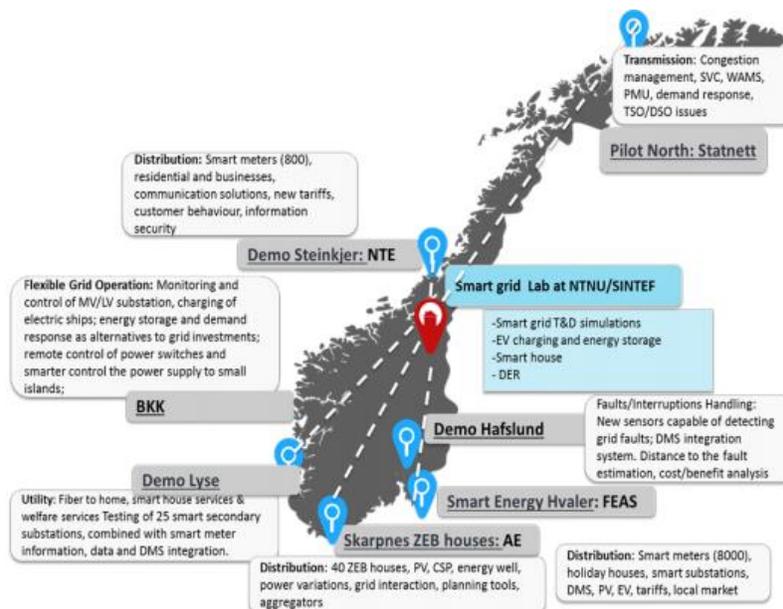
Figura 8 - Fujisawa Sustainable Smart Town.



Fonte: Panasonic.

Por fim, outro país que mostra avanços no estabelecimento da smart-grid em nível nacional é a Noruega. O país possui um centro de pesquisa especializado em desenvolvimento de trabalhos e estudos em relação à instalação da rede de infraestrutura energética inteligente, conhecido como Scientific Committee of the Norwegian Smart Grid Centre. A iniciativa veio do próprio governo Norueguês, na busca de melhorar a resposta do abastecimento energético frente às crescentes demandas, e migrar para uma maior diversificação da matriz do país, que hoje depende fortemente de fontes hídricas. Um dos resultados apresentados pelo grupo no ano de 2017, foi uma demonstração do funcionamento de uma smart grid em nível nacional, de forma a auxiliar o desenvolvimento de testes e verificação de tecnologias, serviços e uso da smart grid.

Figura 9 – Smart grid norueguesa.



Fonte: Scientific Committee of the Norwegian Smart Grid Centre.

6. Considerações finais:

A humanidade vivencia transformações que, em função do avanço tecnológico, se mostram cada vez mais rápidas e, muitas vezes, imprevisíveis. Este trabalho propôs uma apresentação do conceito de cidade inteligente: um ambiente urbano onde a tecnologia serve como auxiliar na manutenção da ordem e contribui para a qualidade de vida dos seus habitantes. O artigo tem foco no ramo energético dessas cidades, que sem dúvida é um dos pilares fundamentais para o desenvolvimento da sociedade. Buscou-se esclarecer o que é uma *smart city* e, principalmente, como a produção e distribuição de energia pode funcionar neste contexto. Seccionando a produção de energia em blocos e evitando a concentração e dependência de apenas uma fonte.

Buscou-se, junto à apresentação deste funcionamento, apresentar estudos e projetos que comprovam que a sua viabilidade é real e que o valor criado por tais iniciativas deve atingir a sociedade como um todo.

Portanto, é necessário que os indivíduos de nossa sociedade comecem a atentar-se às mudanças que virão pela frente de modo que a integração, proposta pelo contexto, possa acontecer em todos os níveis sociais e ser de vantagem a todos. Ainda, é papel fundamental do engenheiro, que atuará como agente direto neste processo de transformação dos ambientes urbanos, trazer ideias, refletir e possibilitar que os benefícios alcancem o maior número de pessoas possível.

REFERÊNCIAS

ABE Eólica. (junho de 2018). Fonte: <http://abeeolica.org.br/>

CAVILLO, C.F.; SÁNCHEZ-MIRALLES, A.; VILLAR, J. “Energy management and planning in smart cities”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, V. 55, pp. 273-287, 2016.

Energia Eólica. (s.d.). Fonte: Mundo Educação: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br>

Energia Eólica no Brasil. (2018). Fonte: Sua Pesquisa: <https://www.suapesquisa.com>

Energia Heliotérmica. (abril de 2018). Fonte: Wikipedia: https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_heliotérmica

Energia Solar no Brasil e Mundo. (16 de outubro de 2017). Fonte: Site do Ministério de Minas e Energia - MME: <http://www.mme.gov.br>

Forças devidas ao vento em edificações ABNT NBR6123. (junho de 1988). Fonte: <http://www.professormendoncaenf.com.br/>

GIORDANO, V.; GANGALE, F.; et. al. “Smart Grid in Europe: lessons learned and current developments”. *Joint Research Centre Reference Reports*, 2011.

Global Wind Statistics. (fevereiro de 2018). Fonte: Global Wind Energy Council: <http://gwec.net/>

How to achieve US\$63MWh in a Concentrated Solar Power. (setembro de 2016). Fonte: Helios CSP: <http://helioscsp.com>

MAIER, S.; NARODOSLAWSKY, M. “Optimal renewable energy systems for smart cities”. *24th European Symposium on Computer Aided Process Engineering*, V. 5, pp. 220-226, 2014.

New Energy Update: CSP. (2011). Fonte: New Energy Update: <http://www.newenergyupdate.com>

SÁNCHEZ-MIRALLES, A.; CALVILLO, C.; MARTÍN, F. “Use of renewable energy systems in smart cities”. Conference on Green Energy and Technology, V. 2, pp. 130-160, 2014.

WALSH, James L. Jr.; ROSS, Charles, C.; SMITH, Michael S.; HARPER, Stephen R.; WILKINS, W. Allen. Handbook on Biogas Utilization. Ed. U.S. Department of Energy, 1988.

WINTERS, J. V. “Why are smart cities growing? Who moves and who stays?”. Journal of Regional Science, V. 51, pp. 253-270, 2011.

ZIA, M. F.; ELBOUCHIKHI, E. “Microgrids energy management systems: A critical review on methods, solutions, and prospects”. Journal of Applied Energy, V. 10, pp. 567-590, 2015.