

**Sistemas elétricos eficientes, inteligentes e sustentáveis: Realidades e perspectivas**

**RENARD LOPES VILLAS BOAS DO LAGO**  
UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO UNINOVE

**ALEXANDRE DE OLIVEIRA E AGUIAR**  
UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

## Sistemas elétricos eficientes, inteligentes e sustentáveis: Realidades e perspectivas

### 1 INTRODUÇÃO

Desde a crise do petróleo diversas medidas relativas a eficiência energética vem sendo tomadas em âmbito mundial, tanto nos ambientes regulatórios quanto de maneira voluntária, por meio de conscientização, redução de impostos, aquisição de equipamentos eficientes e subsídios para pesquisa e desenvolvimento (Souza, Leonelli, Alexandre, & Pires, 2009).

Uma análise econômica apresentou que a capacidade de produção de energia terá um crescimento dentre o período de 2010 e 2030 (Bronzatti & Iarozinski, 2008). Devido ao forte potencial energético do Brasil, fontes de energia renováveis tais como eólica e solar fotovoltaica estão em expansão.

No contexto de se atingir maior eficiência na gestão da energia elétrica, surge o tema das redes elétricas inteligentes. Tais redes são capazes de reconhecer e corrigir falhas, inserir novos equipamentos, defesas de ataques externos, qualidade na energia, integrar fontes de energia a rede, minimizar o impacto ambiental, monitoramento remoto e competitividade no mercado de energia (Falcão, 2010a).

Fortes et al. (2017) descreveram que as redes elétricas inteligentes devem levar em conta também aspectos ambientais, socioeconômicos, políticos e regulatórios. Adicionalmente, ressalta-se que ao analisar um tema como sistemas elétricos que se intitulam inteligentes, por parte de seus criadores, proprietários ou mesmo pela academia, muitas vezes são referidos os tipos de tecnologias utilizadas e não o processo até chegar a essa solução tecnológica.

A expressão “sistema elétrico inteligente” pode ou não ser sinônimo de seu correspondente em inglês *smart grid*. El-Hawary (2014b) explicou que o significado do termo *smart grid* embora possa parecer ilusória, diversos autores o definem como uma de infraestrutura em tempo real interativo dinâmico que engloba as diversas visões de diferentes partes interessadas do sistema de energia

Sistemas elétricos inteligentes são parte de cidades inteligentes e autores como Albino, Berardi e Dangelico (2015) e Meijer e Bolivar (2016) descreveram que há uma confusão quando se fala sobre cidades inteligentes, pois este termo aparece em diversos momentos nas literaturas, ora apresentando a implantação de tecnologias, ora descrevendo sobre colaboração inteligente, população educada, eficácia das instituições, sendo estes, desafios para uma cidade moderna.

Ao classificar uma cidade como inteligente, deve-se levar em conta que algumas cidades têm visões distintas sobre o tema, bem como suas prioridades para a atingir este objetivo, no entanto, para que isso ocorra, há a necessidade de promover um desenvolvimento integrado de diferentes aspectos (Albino et al., 2015). Tornar uma cidade inteligente proporciona uma evolução quanto ao monitoramento e gerenciamento de energia, transmitindo segurança e confiabilidade (Tang, 2011).

Nesse sentido, cabe perguntar o que esperar de um “sistema elétrico inteligente” e o que já existe neste âmbito, que poderia contribuir ou já contribui de alguma forma para tornar as cidades mais inteligentes e sustentáveis?

Este trabalho se propõe a discutir essa temática com base em literatura, buscando organizar e descrever elementos de um sistema elétrico inteligente do ponto de vista conceitual e quais elementos técnicos e práticos existem, e suas implicações para que as cidades sejam inteligentes e sustentáveis. Trata-se, portanto, de um ensaio teórico, com base bibliográfica. A revisão bibliográfica que fundamenta essa discussão foi feita tendo como espinha dorsal um levantamento na base Scopus usando como palavra-chave base *smart grid*.

A seleção dos artigos pertinentes levou em conta a menção a tecnologias ou processos que são desdobramentos da ideia de sistemas elétricos inteligentes e, se necessário, a presença dos desdobramentos para cidades inteligentes e sustentáveis.

## **2 CIDADES INTELIGENTES E CIDADES SUSTENTÁVEIS**

A economia e a sustentabilidade são dependentes da industrialização e que constantemente requerem mais energia, sendo impossível viver em um sem eletricidade (Markovic, Zivkovic, Branovic, Popovic, & Cvetkovic, 2013). Para ocorrer um equilíbrio da demanda por energia há necessidade de analisar o crescimento demográfico e o crescimento do consumo per capita de energia (Fortes et al., 2017).

Tendo em vista o grande aumento no consumo de energia na população urbana, ocorreu uma procura por fontes alternativas de energia (Bajpai & Dash, 2012). A busca por fontes de alternativas de energia decorre de uma eventual insuficiência no abastecimento de energia (Pacheco, 2006).

Por conta do crescimento da população urbana no mundo verificou-se que tornar as cidades inteligentes pode minimizar e corrigir os problemas, como o consumo de energia (Nam & Pardo, 2011).

De acordo com EPE (2017) entre os anos de 2016 e 2026, a população nacional terá um aumento em torno de 13 milhões de habitantes.

Desta forma, um sistema elétrico inteligente pode contribuir com o desenvolvimento de uma cidade, contribuir com meio ambiente, proporcionando redução de gases poluentes, na eficiência energética, fornecendo energia com qualidade, sustentabilidade, por meio da utilização de energias limpas e contribuir com a economia (Bajpai & Dash, 2012; Fortes et al., 2017; Markovic et al., 2013; Nam & Pardo, 2011).

### **2.1 Cidades inteligentes, cidades sustentáveis e sistemas elétricos inteligentes**

Em geral as cidades passam por dificuldades com questões de habitação e infraestrutura, atingindo na sua maior parte a população com menor renda (Gomes, Aguiar, & Campos, 2017). A migração e crescimento urbano nas cidades defasaram os sistemas de água, energia, transporte e saúde, sendo que para torna-la uma smart city deve haver planejamento e gestão (Naphade, Banavar, Harrison, Paraszczak, & Morris, 2011). Bakaci, Almirall e Wareham (2013) afirmaram que a competitividade internacional estimulou as cidades a passarem por modificações, onde cidades se tornaram metrópoles com uma gama em infraestrutura em tecnologia da informação e comunicação.

Na busca de uma forma de desenvolvimento urbano que permita melhor qualidade de vida para seus habitantes do que o cenário tendencial indica, busca-se inspiração nos conceitos de cidades inteligentes e cidades sustentáveis.

Em 2011, Nam e Pardo diziam que havia ainda confusão quanto ao conceito e aos elementos básicos de uma cidade inteligente, e que havia pouca pesquisa sobre o que tornava uma cidade inteligente de verdade, e sobre os fatores de sucesso. Até hoje, existe uma variedade de os aspectos de forma inteligente e eficiente para melhorar a qualidade de vida dentro da cidade (Al Nuaimi, Al Neyadi, Mohamed, & Al-Jaroodi, 2015).

Giffinger e Gudrun (2010) e Nam e Pardo (2011) descreveram que uma cidade inteligente se baseia em seis princípios: ambiente inteligente; economia inteligente; população inteligente; governança inteligente; mobilidade inteligente; vida inteligente.

Angelidou (2014) descreveu que as cidades inteligentes representam um padrão conceitual de desenvolvimento urbano fundamentado no emprego de capital humano, coletivo

e tecnológico para o aprimoramento do desenvolvimento e da prosperidade em aglomerações urbanas.

Baty et al. (2012) esclareceram que para existir uma cidade inteligente alguns desafios devem ser superados, como:

relacionar a infraestrutura, planejamento, gestão, controle e otimização;

- explorar a noção de cidade como laboratório de inovação;
- informar projetos futuros;
- desenvolver tecnologias que assegurem equidade;
- desenvolver tecnologias e compartilhar informação por meio de governança;
- efetividade na mobilidade e acesso a população urbana.

Em relação à administração pública, Batty et al., (2012) e Bakaci, Almirall e Wareham (2013) afirmaram que para se constituir uma cidade inteligente ou um modelo de cidade inteligente deve existir uma combinação entre as tecnologias de informação e comunicação para transformar os processos de negócios da administração pública acessíveis, eficazes e transparentes.

Nota-se que essas definições abarcam, em maior ou menor medida, a questão ambiental e a importância do uso sustentável de recursos naturais em seu bojo. Gomes, Aguiar e Campos (2017) apresentaram que uma cidade inteligente e sustentável precisa apresentar novas características urbanas como, projetos sustentáveis, implementação de áreas verdes, tecnologias e utilizar de maneira adequada recursos como saneamento básico, sistemas de transportes e fontes mais limpas de energia.

Ao tratar assuntos como cidades inteligentes e redes inteligentes, busca-se um padrão de qualidade, desde a comunicação e o fornecimento de energia, quando se trata destes sistemas existe uma busca por fontes renováveis de energia.

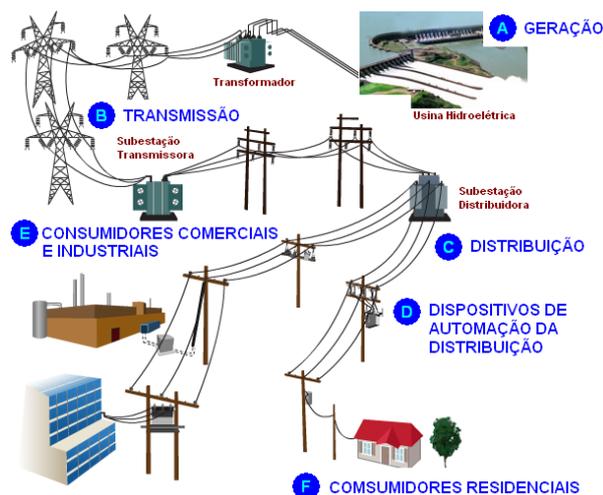
A evolução do sistema smart grid não beneficia apenas a sociedade, mas todas as partes envolvidas no processo da indústria de energia e sua evolução se dá a partir da vontade destas partes (El-Hawary, 2014a).

O tópico a seguir aborda sobre os sistemas elétricos inteligentes, tema este que apresentara uma tabela sobre geração de energia, a origem do processo de energia.

## **2.2 Sistemas elétricos inteligentes**

Dentro do sistema elétrico convencional de energia existem as indústrias que são responsáveis pelos processos de geração, transmissão, distribuição e o consumo de energia, cabe ressaltar que item consumo compreende também a medição e a cobrança dos serviços. A credibilidade de um sistema de energia elétrica é um parâmetro vital para o desenvolvimento econômico (Markovic et al., 2013). O início do sistema elétrico convencional se dá pela geração de energia e percorre um longo caminho até o consumidor final.

As redes inteligentes representam uma evolução importante no projeto e operação de sistemas elétricos porque integram soluções de automação, otimização de ativos diferentes, melhoria de processos, monitoramento e controle, integração de múltiplas fontes de energia (renováveis) e desenvolvimento de novos produtos e serviços. Esta integração já está sendo implementada em vários países por intermédio de sistemas de infraestrutura de comunicação, padrões abertos e tecnologia da informação (Galo, Macedo, Almeida, & Lima, 2014). A Figura 1 mostra um sistema convencional típico.



**Figura 1: Sistema de energia elétrica usualmente utilizado.**

Fonte: Alcântara (2012)

A referência mais comum a sistemas elétricos inteligentes é o *smart grid*. Em grande medida a literatura associa esse tipo de estrutura à geração descentralizada de energia, acrescida de alguns recursos. El-Hawary (2014b) afirmou que defensores dos sistemas *smart grid* devem seguir alguns ou todas características, para compor uma cidade inteligente: prover a possibilidade de atender o aumento do consumo sem a inclusão de novas infraestruturas; incorporar outros sistemas de geração distribuída a rede; tecnologias de informação e comunicação, possibilitando a comunicação em tempo real; qualidade no fornecimento de energia; processos de segurança na rede para que não sofra interferências externas; melhoria no meio ambiente.

El-Hawary (2014b) apresentou ainda algumas preocupações na adoção e a aceitação da implementação do sistema *smart grid*, como: percepção negativa no início da implantação do sistema por falta de explicação e orientação; falta de segurança da rede (vulnerabilidade); custo elevado; e compatibilidade dos sistemas.

Alcântara (2012) descreveu uma visão detalhada de futuro do que deve conter uma rede elétrica inteligente:

1. Central de operação dos sistemas na concessionária;
2. Grandes usinas de geração de energia;
3. Residenciais (consumidores e/ou fornecedores);
4. Subestação digitalizadas e inteligentes;
5. Comércio, indústria e governo (consumidores e/ou fornecedores);
6. Geração renovável de energia em pequena escala (micro geração);
7. Geração distribuída tradicional;
8. Armazenamento distribuído de energia;
9. Geração distribuída renovável de energia.

Para Wolsink (2012) as redes inteligentes são necessárias provisionar energia pois as unidades de suprimento de energia são geralmente muito pequenas e seus níveis de produção não seguem uma demanda.

Uma rede elétrica inteligente contempla diversos serviços, aplicações, equipamentos, redes e sistemas que atuam na entrega da grade “inteligente” ou “conectada” a fim de manter a segurança e o controle, comunicação, conforto, eficiência energética, integração ambiental e acessibilidade (Markovic et al., 2013). Para aumentar a importância da sustentabilidade energética, faz-se necessário monitorar e controlar o uso da energia, pois a rede inteligente apresenta diversas tecnologias e plataformas de engenharia (Markovic et al., 2013). Uma rede

inteligente emprega produtos e serviços inovadores por meio de monitoramento, controle e comunicação, proporcionando maior informação ao consumidor (El-Hawary, 2014b).

### 3. Sistema elétrico inteligente

Parte da construção do referencial teórico foi organizada de forma a compor quadros compostos por subtítulos. Os quadros estão estruturados de forma que apresentam as características em inteligência desejáveis num sistema elétrico inteligente; informações sobre estruturas e tecnologias já existentes, bem como os desafios persistentes para sua implementação. Nesse sentido, são abordadas as várias partes que compõem o sistema elétrico, a saber: o marco regulatório, a geração, transmissão, distribuição, consumo e geração distribuída de energia.

#### 3.1 Marco regulatório

As instituições são de fundamental importância para apoiar o setor energético, para dar amparo as estratégias e garantir a implementação, conformidade e eficácia (Melo, Jannuzzi, & Bajay, 2016). A ANEEL, empresa reguladora do setor elétrico no Brasil, obriga as empresas invistam parte da sua receita em pesquisa e desenvolvimento, regulamentada pela Lei nº 9.991/2000, alterada pela Lei nº 13.280/2016.

Brittes, Salles-Filho e Pfitzner (2015) descrevem que o marco regulatório do setor elétrico no Brasil sofreu diversas mudanças, desde a obrigatoriedade dos investimentos em pesquisa, dentre elas as descritas na Figura 2.

**Figura 2 – Marco regulatório do setor elétrico no Brasil**

- 1998 a 2000 – entendimento das empresas nos programas de pesquisa e desenvolvimento;
- 2001 a 2004 – criação de núcleos de pesquisas pelas empresas;
- 2004 a 2007 – redução dos recursos por conta da criação da Empresa de Pesquisa Energética;
- 2008 – novo marco regulatório a ANEEL não precisaria aprovar os projetos em pesquisa e desenvolvimento, apenas analisaria o mérito.  
Para Carral et al., (2017) a maior mudança no marco regulatório de energia foi a Medida Provisória nº 579/2012, que tem por objeto a redução do custo de energia, proporcionando segurança aos investidores, onde:
- Empresas de geração – novos contratos pelas distribuidoras no Ambiente de Contratação Livre (ACR);
- Empresas de transmissão – receitas diminuídas e depreciação das concessões;
- Empresas de distribuição – a medida provisória sem efeito, pois a revisão tarifária é periódica.  
Em síntese a medida provisória nº 579/2012 apresentou inseguranças com às novidades com as renovações de concessões e às compensações oferecidas às empresas referentes aos ativos não depreciados.  
Preocupado com a crise hídrica nos últimos anos e para incentivar mercado elétrico no Brasil, a ANEEL, por meio de três resoluções impulsionou o desenvolvimento sustentável de energia, sendo estas:
- Resolução Normativa nº 464/11 – Procedimentos de regulação tarifária;
- Resolução Normativa nº 482/12 – Condições para o acesso de micro geração e mini geração distribuída de energia elétrica;

- Resolução Normativa nº 502/12 - Regulamenta sistemas de medição de energia elétrica de unidades consumidoras de baixa tensão.

Fonte: Autor

A resolução normativa nº 482/2012 foi a que apresenta maior impulso para o desenvolvimento, pois visa diminuir as barreiras com a geração distribuída e insere um sistema de créditos (Melo et al., 2016).

No entanto, Melo et al., (2016) descreve que há dificuldades quanto ao acesso à rede, o que desmotivam as aquisições, como limites de capacidade instalada, impedimento à pequenas comunidades ou condomínios, a validade dos créditos, acesso a informação e incentivo à população.

### 3.2 Geração inteligente de energia

O Brasil utiliza em grande parte seu grande potencial hidroelétrico para geração de energia, podendo durar por um longo período, no entanto, existe uma preocupação com meio ambiente, desta forma novas fonte de geração de energia estão sendo exploradas, como fotovoltaica e eólica (Reis, 2015). Segundo a ANEEL (2017), o Brasil tem mais de 80% de sua energia elétrica gerada em fontes renováveis. Da parte da energia elétrica que tem origem térmica, 66% provêm de combustíveis fósseis (ANEEL, 2017).

Projetos voltados para criação de infraestrutura para desenvolvimento das chamadas cidades estão se tornando uma realidade em diversas partes do mundo, onde se identifica uma necessidade de mudança do setor energético com vistas a integrar fontes renováveis à matriz energética (Vilaca et al., 2014).

O biocombustível tem por finalidade substituir os combustíveis fósseis, de tal forma a preservar o meio ambiente, com a redução de gases e diminuir a utilização dos combustíveis não renováveis (Santos et al., 2012).

A conexão dos sistemas de energia renovável estabelece um trabalho desafiador por conta da sua natureza intermitente e imprevisível das fontes de energia como fotovoltaica e eólica (Cecati, Citro, & Siano, 2011).

A Figura 2 apresenta resumos extraídos de artigos que contemplam o sistema de geração de energia, dentro deste quadro autores trataram sobre temáticas como inovação tecnologia, investimentos, fontes de geração de energia, posicionamento sobre custos, medidas que já alternativas que já vem sendo implementadas por conta do aumento da demanda e pontos que devem ser priorizados, no entanto verifica-se que os autores tratam de pontos em comum, fontes de geração, tecnologias, projetos e custos de forma a ter suas ideias alinhadas.

**Figura 2 – Abordagem sobre geração de energia**

GERAÇÃO DE ENERGIA		
CARACTERÍSTICAS EM INTELIGÊNCIA	O QUE JÁ EXISTE	DESAFIOS
Investimentos em inovações tecnológicas (Bin et al., 2015).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brasil prevê um investimento mínimo de 1% da receita para as empresas destinadas a P&amp;D e EE (Bin et al., 2015).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como garantir retorno às empresas? (Bin et al., 2015).</li> <li>• Como alcançar esses objetivos? (Bin et al., 2015).</li> <li>• Priorizar projetos de geração de energia renováveis (Anater, Sanquetta, Schiavo, &amp; Corte, 2016).</li> </ul>

GERAÇÃO DE ENERGIA		
CARACTERÍSTICAS EM INTELIGÊNCIA	O QUE JÁ EXISTE	DESAFIOS
Atender à demanda atual e futura de energia elétrica.	O Brasil possui um potencial instalado de energia 158.881.242kW (ANEEL, 2018a).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir novas unidades geradoras (Barbosa &amp; Azevedo, 2013).</li> <li>• 203 novas em construção e 379 irão iniciar. (ANEEL)</li> <li>• previsão de entrada de energia de 17.119.066kW (ANEEL, 2018a).</li> </ul>
Aumentar a fração de geração de energia fotovoltaica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 81 Centrais fotovoltaicas com potência instalada de 1.195.164kW (ANEEL, 2018a).</li> <li>• Previsão de maior utilização da energia fotovoltaica (Anater et al., 2016).</li> <li>• Em 2016 o Brasil chegou ao total de 6017 conexões fotovoltaicas sendo 94% em residências e comércios (ANEEL, 2017).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixar os custos de produção das placas fotovoltaicas. (Singh, 2013).</li> <li>• 21 empreendimentos em geração fotovoltaica estão em construção e outros 38 estão para iniciar.</li> <li>• e uma previsão de entrada de energia de 1.468.511kW (ANEEL, 2018a).</li> </ul>
Armazenamento de energia oriundas de fontes de geração de energia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baterias são utilizadas para armazenar energia (Silva &amp; Campos, 2016).</li> <li>• Baterias são utilizadas para melhorar a qualidade de energia (Li, Hui, &amp; Lai, 2013).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como aumentar a capacidade de armazenamento de energia das baterias?</li> <li>• Como aumentar a vida útil das baterias?</li> </ul>
Aumentar a fração de energia eólica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Novos modelos de turbinas podem gerar até 90% de energia (Dursun &amp; Gokcol, 2011).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar o panorama que estima que em 2030 o consumo de energético exceda a 1080TWh? (Mauricio T. Tolmasquim, Guerreiro, &amp; Gorini, 2007).</li> </ul>

**Fonte: Autor**

Um caso particular importante a considerar é a geração distribuída de energia. Considera-se geração distribuída fontes de alimentação sustentáveis, em que o bom emprego de energias renováveis caracteriza formas de geração distribuídas (Wolsink, 2012). A utilização de fontes de geração de energia de pequeno porte, utilizadas por residências, comércios e concessionárias é classificada como geração distribuída (Barbosa & Azevedo, 2013).

A adoção de diversos sistemas de geração pode produzir benfeitorias significativas em termos de eficiência energética e redução de emissão carbono, sendo de preferência a geração de energia por meio de fontes renováveis (Wolsink, 2012).

A Figura 4 aborda a geração distribuída. O quadro foi constituído por documentos e artigos com temas que mais contribuíram para um sistema elétrico inteligente, autores trazem em seus artigos assuntos que vem ganhando espaço no mundo, as *Smart Cities* (cidades inteligentes), novas tecnologias que vem facilitar a vida do cidadão, como fontes geradoras de energia, minicentrais hidrelétricas, eólica, fotovoltaica, dentre outros sistemas.

Um dos pontos a ser destacados foi a preocupação por parte dos autores com a segurança, confiabilidade, eficiência, gestão pública e com o gerenciamento de energia, utilizando-se de tecnologias para gerar, fornecer e controlar a energia de maneira inteligente e sem desperdícios.

**Figura 4 – Abordagem sobre geração de energia distribuída**

GERAÇÃO DISTRIBUIDA DE ENERGIA		
CARACTERÍSTICAS EM INTELIGÊNCIA	O QUE JÁ EXISTE	DESAFIOS

GERAÇÃO DISTRIBUIDA DE ENERGIA		
CARACTERÍSTICAS EM INTELIGÊNCIA	O QUE JÁ EXISTE	DESAFIOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumidores geram a própria energia para consumo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ambiente regulatório para geração da própria energia e fornecer o excedente a distribuidora local (ANEEL, 2015).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fontes de geração de energia alternativa com valores menores para implantação</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Coletar informações por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SGI) (Faria, Silva, Ferreira, Euclides, &amp; Oliveira, 2011).</li> <li>Geração de energia por meio de minicentrals hidrelétricas (Filho, Silva, Ferreira, Euclides, &amp; Filho, 2011).</li> </ul>	<p>Sistema de Informação Geográfica desenvolvidos para coletar informações e verificar a viabilidade de implantação de minicentrals hidrelétricas (Faria et al., 2011).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Criação de minicentrals hidrelétricas mais eficientes que não dependam de alturas superiores a 10 metros.</li> <li>Implementação de minicentrals hidrelétricas em localidades em locais sem acesso a energia.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Confiabilidade, eficiência, segurança para permitir a comunicação de rede inteligente (Yan, Qian, Sharif, &amp; Tipper, 2013).</li> <li>Smart City vem ganhando espaço no mundo (Bakici et al., 2013).</li> <li>Implantação de projetos de Smart Cities no mundo (Vilaca et al., 2014).</li> </ul>	<p>Execução de projetos utilizando-se de tecnologias para geração de energia descentralizada, utilizando-se de fontes renováveis de energia, (Vilaca et al., 2014).</p>	<p>Busca por um modelo de desenvolvimento urbano, econômico e sustentável (Bakici et al., 2013).</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>O Smart Meter instalado entre o sistema elétrico e a rede elétrica que permite colher informações, compartilhar via remoto e agrega inteligência ao sistema elétrico (Falcão, 2010b; Fortes et al., 2017; Markovic et al., 2013).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medidores inteligentes instalados em residências e comercios (Fortes et al., 2017; Kavousian, Rajagopal, &amp; Fischer, 2013; McDaniel &amp; McLaughlin, 2009; McKenna, Richardson, &amp; Thomson, 2012; Peters, 2007).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conseguir recursos para a substituição de 78 milhões de medidores (Fortes et al., 2017).</li> <li>Monitorar e prever o uso de energia de maneira segura, confiável e inteligente, controlando os custos de utilidade (McDaniel &amp; McLaughlin, 2009).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnologias computacionais para coletar e analisar informações nas tomadas de decisões (Jin, Gubbi, Marusic, &amp; Palaniswami, 2014).</li> <li>Compartilhar informação tornam as cidades inteligentes e auxilia o planejamento urbano (Anjana &amp; Shaji, 2018; Naphade et al., 2011).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensores sem fio para mapear informações da cidade (Jin et al., 2014).</li> <li>Armazenamento de informações na nuvem com acesso de diferentes localidades (Markovic et al., 2013).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalar sensores para mapear as informações que possam auxiliar as cidades na segurança, mobilidade, energia e governança (Jin et al., 2014).</li> <li>Proporcionar qualidade, confiabilidade e segurança no armazenamento de informações (Markovic et al., 2013).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fontes de energia renováveis vem sendo implantadas e integradas aos sistemas de distribuição de energia elétrica (Falcão, 2010b).</li> <li>Padrões de desenvolvimento de uma cidade inteligente vem sendo usado e exigido por órgãos públicos (Jin et al., 2014).</li> </ul>	<p>A Resolução nº 482 da ANEEL, criou condições para que as distribuidoras aceitem a instalações em paralelo ao seu sistema, mas não propõem incentivos ao cidadão (Neto, Costa, &amp; Vasconcelos, 2016).</p>	<p>Para que ocorra a implementação de sistemas de microgeração distribuída em grandes proporções será necessário que o poder público força meios que incentivem a população a aplicá-los (Neto et al., 2016).</p>

GERAÇÃO DISTRIBUIDA DE ENERGIA		
CARACTERÍSTICAS EM INTELIGÊNCIA	O QUE JÁ EXISTE	DESAFIOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redes inteligentes possibilitam que consumidores se tornem os produtores, podem gerar energia (Anjana &amp; Shaji, 2018).</li> <li>• O sistema <i>smart grid</i> fornece energia com qualidade, controle e inteligência aos consumidores, confiança, redução de gastos e consumo eficaz, por meio de novas tecnologias (Siano, 2014).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geração distribuídas alimentados por sistemas convencionais e ou renováveis (Rider, López-Lezama, Contreras, &amp; Padilha-Feltrin, 2013).</li> <li>• Sistemas de energia fotovoltaica são fontes mais utilizadas dentro outros sistemas (Dincer, 2011).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuir os custos em todos os aspectos, como geração, transmissão, distribuição e consumo por meio do sistema <i>smart grid</i> (Anjana &amp; Shaji, 2018).</li> <li>• Minimizar as emissões de gases com efeito de estufa por meio do sistema <i>smart grid</i> (Anjana &amp; Shaji, 2018).</li> </ul>

**Fonte: Autor**

### 3.3 Transmissão de energia

As redes de transmissão de energia são destinadas a encaminhar energia elétrica oriundas das usinas hidrelétricas, nucleares, termelétricas, fotovoltaicas e eólicas. Os sistemas de linhas de transmissão são constituídos por torres, isoladores e cabos de energia. Por conta das características do ambiente e questões de segurança, as usinas se localizam afastadas da população (Rangel, Kienitz, & Brandão, 2009).

Redes de transmissão requerem flexibilidade para ajustar-se as soluções existentes com cargas, gerenciar e fornecer eficiência técnica e econômica, proporcionando confiabilidade e segurança do fornecimento (Garrity, 2009).

O mundo deve passar por alterações na matriz energética, intensificando a ampliação da participação das fontes renováveis (Vichi & Mansor, 2009). O Brasil tem um papel importante na área energética e deve-se aproveitar da energia eólica e fotovoltaico integrando-os a transmissão de energia (Tolmasquim, 2012).

Há uma necessidade de que ocorra mudanças na matriz energética e que fontes de renováveis de energia como eólica e fotovoltaica se integrem ao sistema de transmissão de energia.

O tema a seguir aborda sobre a distribuição de energia, tema este que faz parte do quadro de referencial teórico.

A Figura 5 traz referências que tratam da transmissão de energia. Os autores trazem informações e ferramentas, abordando boas práticas e tecnologias. Todas estas informações trazem um contexto sobre a gestão ambiental, ou seja, existe uma preocupação no sistema de transmissão com relação ao meio ambiente.

**Figura 5 – Abordagem sobre transmissão de energia**

TRANSMISSÃO DE ENERGIA		
CARACTERÍSTICAS EM INTELIGÊNCIA	O QUE JÁ EXISTE	DESAFIOS
<p>O emprego de linhas de transmissão para fornecer energia de forma econômica e com menor perda (Rangel et al., 2009).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificações e manutenções nas redes de transmissão com helicópteros tripulados (Rangel et al., 2009; Sawada, Kusumoto, Maikawa, Munakata, &amp; Ishikawa, 1991).</li> <li>• Drones para monitorar as redes de transmissão (Rangel et al., 2009).</li> </ul>	<p>Aumentar a substituição do trabalho manual com helicópteros tripulados por drones.</p>

TRANSMISSÃO DE ENERGIA		
CARACTERÍSTICAS EM INTELIGÊNCIA	O QUE JÁ EXISTE	DESAFIOS
Para se implantar uma rede de transmissão deve-se identificar a sua necessidade ou quando se necessita de uma reestruturação do sistema existente (Maduro-Abreu et al., 2010).	Smart wires elevam a infraestrutura das redes e aprimora a resiliência de grade, minimizando custos e integra-se as fontes de energia renováveis (Allgood, 2015).	De 2010 a 2020 o sistema de transmissão passará por uma evolução de 100.000 km para quase 142.000 (Mauricio Tiomno Tolmasquim, 2012).
Construção de linhas de transmissão para atender a boas práticas ambientais (Nadruz et al., 2017).	A utilização de ferramentas de avaliação de desempenho ambiental (ADA), para qualificar e determinar empresas (Nadruz, Gallardo, Ruiz, & Ramos, 2017).	Analisar a viabilidade de utilizar ferramentas que possam definir empreiteiras nas construções de linhas de transmissão (Nadruz et al., 2017).

Fonte: Autor

### 3.4 Distribuição de energia

O fornecimento de energia elétrica é fundamental no crescimento da organização dos estados, tanto na economia, quanto para os interesses políticos, bem como para a população (Gomes & Vieira, 2009)

O acesso à energia elétrica proporciona o aumento na qualidade de vida das populações, a implantação de um sistema de distribuição de energia pode proporcionar desde o conforto doméstico, quanto melhores possibilidades de emprego (Mehl, 2012).

Atualmente há uma busca pela a eficiência em diversos segmentos, em específico na área de distribuição de energia, de forma a atender de maneira eficiente a crescente demanda crescente, com menor custo e maior qualidade (Anjana & Shaji, 2018).

A utilização da energia está atrelada a diversos interesses, sendo os mais compreensivos o da sociedade, como proporcionar confiabilidade do sistema elétrico, minimizar investimentos, diminuir impactos ambientais e reduzir custos de energia a população (Jannuzzi, 2002).

Existe uma preocupação quanto ao fornecimento de energia, pois a falta de energia pode gerar diversos transtornos, bem como a qualidade de energia, que podem proporcionar diversas interrupções (Mehl, 2012).

O tópico a seguir aborda sobre o consumo de energia, tema este que faz parte do quadro de referencial teórico.

A Figura 6 traz informações de artigos e de pesquisa documental sobre distribuição de energia, os resumos abordaram pontos como novas tecnologias, as literaturas apresentaram um ponto de vista em comum com o cliente final, o consumidor, por isso dá importância da qualidade do serviço e do produto.

**Figura 6 – Abordagem sobre distribuição de energia**

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA		
CARACTERÍSTICAS EM INTELIGÊNCIA	O QUE JÁ EXISTE	DESAFIOS

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smarts cities utilizam-se de tecnologias que melhoram a energia, reduz de custos e consumo de recursos, (Al Nuaimi et al., 2015).</li> <li>• Utilização de sistemas <i>Smart grid</i> proporcionam eficiência, confiabilidade e segurança (Alcântara, 2012; Yan et al., 2013).</li> <li>• Gerenciar sistemas de distribuição de energia (Markovic et al., 2013).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A avaliação da distribuição de energia elétrica se dá partir de três aspectos, qualidade do atendimento ao consumidor, qualidade do produto e qualidade do serviço (ANEEL, 2016b).</li> <li>• Emprego comunicação bidirecionais e soluções computacionais (Alcântara, 2012; Yan et al., 2013)</li> <li>• Sistemas de sensores, alarmes e acionamento remoto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conseguir sistemas de alta confiabilidade para maior gestão automática local ao invés de remota.</li> <li>• Aprimorar a eficiência, a confiabilidade, a economia na distribuição de energia elétrica (Al Nuaimi et al., 2015; Markovic et al., 2013).</li> <li>• Compartilhar dados e informações com diferentes departamentos (Al Nuaimi et al., 2015).</li> </ul>
--	---	--

Fonte: Autor

### 3.5 Consumo de energia

A previsão de carga de energia é um ponto importante em grades inteligentes, assegura o equilíbrio razoável entre a procura e a oferta, reduzindo assim o risco de consumidores insatisfeitos (Anjana & Shaji, 2018).

O fornecimento de energia está diretamente ligado a quantidade de energia disponível, desta forma quanto maior for a geração de energia, mais energia para os consumidores (Gomes & Vieira, 2009).

Trabalhos de conscientização minimizam o impacto ambiental e qualidade no consumo, proporcionando bons hábitos ao consumidor referente ao uso consciente de energia (Vilaca et al., 2014).

Medidores inteligentes auxiliam consumidores quanto ao uso devido de energia, de forma a verificar de maneira remota quando o consumo de energia está excedendo (Fortes et al., 2017; McKenna et al., 2012; Peters, 2007; Vilaça et al., 2014).

A Figura 7 também traz informações de artigos e de pesquisa documental, porém sobre consumo de energia, em que estes abordaram pontos como a redução das contas de consumo, na qual se consomem mais energia, investimentos em pesquisa para minimizar os gastos com energia e uma das grandes contribuições foi a cogeração de energia e fornecer o excedente a rede.

**Fiura 7 – Abordagem sobre consumo de energia**

CONSUMO DE ENERGIA		
CARACTERÍSTICAS EM INTELIGÊNCIA	O QUE JÁ EXISTE	DESAFIOS
Reverter o excesso de energia gerada em créditos na conta de consumo (ANEEL, 2015).	Utilização de créditos de energia na fatura em unidades consumidoras dentro da mesma distribuidora (ANEEL, 2015).	Utilização de créditos de energia dentro do estado e com qualquer distribuidora.
Monitorar o fornecimento e do consumo de energia dentro de edifícios (Shaikh, Nor, Nallagownden, Elamvazuthi, & Ibrahim, 2014).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edifícios consomem aproximadamente um terço dos recursos totais de energia primária (Shaikh et al., 2014).</li> <li>• Existem certificações para edifícios que visam maior eficiência energética (Leed, Aqua, Casa Azul ...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorar, controlar e compartilhar dados entre consumidores e distribuidores torná-los inteligentes e eficientes (Shaikh et al., 2014).</li> <li>• Incentivar investimentos em (P&amp;D) e (EE), vislumbrando o uso eficiente e racional da energia elétrica (ANEEL, 2016a).</li> </ul>
Utilização de tecnologias de informação e comunicação	Controle e monitoramento de dados que retransmitem	Tecnologia de informação e comunicação com valores

CONSUMO DE ENERGIA		
CARACTERÍSTICAS EM INTELIGÊNCIA	O QUE JÁ EXISTE	DESAFIOS
(Anjana & Shaji, 2018).	informações a controladores e consumidores (Anjana & Shaji, 2018; Markovic et al., 2013).	menores aos consumidores.

Fonte: Autor

#### 4 Conclusão

Ao se consolidar os elementos desejáveis e existentes de um sistema elétrico inteligente, e analisar os desafios presentes, nota-se a necessidade implantação de diversas tecnologias para que este sistema atinja a eficiência desejada. No entanto, deve-se levar em conta que para projetar ou propor um modelo sistema elétrico inteligente, a literatura aponta que há necessidade de se verificar o meio o qual este sistema será inserido e as exigências necessárias para que este funcione, uma vez que a literatura não apresenta um modelo ideal, pois cada local ou região possui sua peculiaridade.

Desta forma, para se ter um sistema elétrico eficiente, inteligente e sustentável, que corresponda com as particularidades de cada local, deve-se estudar o ambiente socioeconômico, inclusive as características urbanas, no qual este sistema será inserido, para determinar as tecnologias a serem inseridas. Isto tem como objetivo garantir a compatibilidade com o meio o qual será implantado, de forma a proporcionar qualidade, confiabilidade e segurança.

Cabe ressaltar que são necessários investimentos em pesquisa e desenvolvimento, para que os projetos sejam bem elaborados e executados, no entanto investimentos também devem proporcionar retorno tanto para seus clientes, quanto para os seus investidores, de forma a impulsionar o desenvolvimento.

Por fim, seria importante se discutir a criação de um banco de dados nacional que contenha informações sobre as diversas regiões do país, apresentando as suas necessidades, peculiaridades, tecnologias utilizadas, projetos em análise, em andamento e executados para facilitar o processo de governança e gerenciar de maneira eficaz e eficiente uma cidade. Uma vez que o processo de governança tem destaque na literatura, pois estabelece um canal entre a população, empresas e gestores, pois para se ter um sistema elétrico eficiente, inteligente e sustentável há a necessidade de ter pessoas inteligentes por meio da comunicação e informação, disseminando conhecimento.

#### Referências

- Al Nuaimi, E., Al Neyadi, H., Mohamed, N., & Al-Jaroodi, J. (2015). Applications of big data to smart cities. *Journal of Internet Services and Applications*, 6(1), 25.
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3–21.
- Alcântara, M. V. P. (2012). Agenda de Pesquisa em Rede Inteligente no Programa de P&D da ANEEL, 6.
- Allgood, K. (2015). Enabling Smart Wires to build a dynamic grid. Recuperado 21 de setembro de 2017, de <https://www.qualcomm.com/news/onq/2015/07/08/enabling-smart-wires-build-dynamic-grid>
- Anater, M. J. N., Sanquetta, C. R., Schiavo, B. N. V., & Corte, A. P. D. (2016). Redução De Gases De Efeito Estufa Pelos Projetos De Crédito De Carbono No Setor Energético Brasileiro/Reduction of Greenhouse Gases by Carbon Credit Projects in the Brazilian

- Energy Sector. *HOLOS; Natal*, 32(1), 310–326.  
<http://dx.doi.org/10.15628/holos.2016.3669>
- ANEEL, A. N. de E. E. (2015). Geração Distribuída - ANEEL. Recuperado de <http://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>
- ANEEL, A. N. de E. E. (2016a). Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e Eficiência Energética - ANEEL. Recuperado de <http://www.aneel.gov.br/ped-eficiencia-energetica>
- ANEEL, A. N. de E. E. (2016b). Qualidade na Distribuição - ANEEL. Recuperado de <http://www.aneel.gov.br/qualidade-na-distribuicao>
- ANEEL, A. N. de E. E. (2017, janeiro 25). Infográficos - ANEEL. Recuperado de <http://www.aneel.gov.br/infografico>
- ANEEL, A. N. de E. E. (2018a). Banco de Informações de Geração. Recuperado 4 de maio de 2018, de <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>
- ANEEL, A. N. de E. E. (2018b, fevereiro 5). Planejamento Estratégico - Ciclo 2018-2021 - ANEEL. Recuperado 13 de junho de 2018, de <http://www.aneel.gov.br/planejamento-estrategico-ciclo-2018-2021>
- Angelidou, M. (2014). Smart city policies: A spatial approach. *Cities*, 41, S3–S11.
- Anjana, K. R., & Shaji, R. S. (2018). A review on the features and technologies for energy efficiency of *smart grid*. *International Journal of Energy Research*, 42(3), 936–952.
- Bajpai, P., & Dash, V. (2012). Hybrid renewable energy systems for power generation in stand-alone applications: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2926–2939.
- Bakıcı, T., Almirall, E., & Wareham, J. (2013). A Smart City Initiative: the Case of Barcelona, 135–148. <https://doi.org/10.1007/s13132-012-0084-9>
- Barbosa, W. P. F., & Azevedo, A. C. S. de. (2013). Geração distribuída: vantagens e desvantagens. In *II Simposio de estudos e pesquisas em ciencias ambientais na Amazonia*. Recuperado de [http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2014/artigo\\_gd.pdf](http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2014/artigo_gd.pdf)
- Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., ... Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481–518.
- Bin, A., Vélez, M. I., Ferro, A. F. P., Salles-Filho, S. L. M., Mattos, C., Bin, A., ... Mattos, C. (2015). Da P&D à inovação: desafios para o setor elétrico brasileiro. *Gestão & Produção*, 22(3), 552–564. <https://doi.org/10.1590/0104-530X1294-14>
- Brittes, J. L. P., Salles-Filho, S. L., & Pfitzner, M. S. (2015). Avaliação do risco regulatório em pesquisa & desenvolvimento no setor elétrico Brasileiro. *RAC-Revista de Administração Contemporânea*, 19(2).
- Bronzatti, F. L., & Iarozinski, A. N. (2008). Matrizes energéticas no Brasil: cenário 2010-2030. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 28.
- Carral, L. V. P., Bergmann, D. R., da Silva, F. L., Peris, R. W., & Savoia, J. R. F. (2017). Impacto da Medida Provisória nº 579/2012 sobre o Beta das Empresas Brasileiras do Setor Eletétrico. *Revista Eletrônica do Departamento de Ciências Contábeis & Departamento de Atuária e Métodos Quantitativos (REDECA)*, 4(2), 1–14.
- Cecati, C., Citro, C., & Siano, P. (2011). Combined operations of renewable energy systems and responsive demand in a *smart grid*. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 2(4), 468–476.
- Dincer, F. (2011). The analysis on photovoltaic electricity generation status, potential and policies of the leading countries in solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 713–720.

- Dursun, B., & Gokcol, C. (2011). The role of hydroelectric power and contribution of small hydropower plants for sustainable development in Turkey. *Renewable Energy*, 36(4), 1227–1235.
- El-Hawary, M. E. (2014a). The *smart grid*: state-of-the-art and future trends. *Electric Power Components and Systems*, 42(3–4), 239–250.
- El-Hawary, M. E. (2014b). The *smart grid*—state-of-the-art and future trends. *Electric Power Components and Systems*, 42(3–4), 239–250.
- EPE, E. de P. E. (2017, janeiro). Projeção da demanda de energia elétrica. Recuperado de [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA%20001\\_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202017-2026\\_VF\[1\].pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA%20001_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202017-2026_VF[1].pdf)
- Falcão, D. M. (2010a). Integração de tecnologias para viabilização da *smart grid*. *III Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos*, 1–5.
- Falcão, D. M. (2010b). Integração de tecnologias para viabilização da *smart grid*. *III Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos*, 1–5.
- Faria, R. F. F., Silva, J. B. L., Ferreira, P. A., Euclides, H. P., & Oliveira, D. F. (2011). Potencial Hidráulico Em Bacias Hidrográficas I: Identificação De Quedas De Água Para Geração De Energia Elétrica1/Hydraulic Potential in Hydrographic Basins I: Identification of Waterfalls to Generate Hydroelectric Energy. *Revista Engenharia na Agricultura; Vicosa*, 19(1), 44–52.
- Filho, R. F. F., Silva, J. B. L., Ferreira, P. A., Euclides, H. P., & Filho, D. O. (2011). Potencial Hidráulico Em Bacias Hidrográficas I: Identificação De Quedas De Água Para Geração De Energia Elétrica1/Hydraulic Potential in Hydrographic Basins I: Identification of Waterfalls to Generate Hydroelectric Energy. *Revista Engenharia na Agricultura; Vicosa*, 19(1), 44–52.
- Fortes, M. Z., Ribeiro, A. T., Gonçalves, D. A. V., Schaefer, M. A. R., & Flores, M. M. (2017). Análise da Adoção de Medidores Inteligentes como Instrumento da Política Pública de Eficiência Energética. *Engevista*, 19(2), 316–327.
- Galo, J. J. M., Macedo, M. N. Q., Almeida, L. A. L., & Lima, A. C. (2014). Criteria for *smart grid* deployment in Brazil by applying the Delphi method. *Energy*, 70, 605–611. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.04.033>
- Garrity, T. F. (2009). Innovation and trends for future electric power systems. In *Power Systems Conference, 2009. PSC'09*. (p. 1–8). IEEE.
- Giffinger, R., & Gudrun, H. (2010). Smart cities ranking: an effective instrument for the positioning of the cities? *ACE: Architecture, City and Environment*, 4(12), 7–26.
- Gomes, F. M., Aguiar, A. de O., & Campos, V. N. de O. (2017). Songdo: Inteligente e Sustentável? Críticas e perspectivas, 16. [https://doi.org/ISBN 978 - 85 - 68242 - 46 - 9](https://doi.org/ISBN%20978-85-68242-46-9)
- Gomes, J. P. P., & Vieira, M. M. F. (2009). O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. *Revista de Administração Pública*, 43(2), 295–322.
- Jannuzzi, G. D. M. (2002). Aumentando a eficiência nos usos finais de energia no Brasil. *Sustentabilidade na Geração e o Uso da Energia no Brasil: os próximos 20 anos*, 35.
- Jin, J., Gubbi, J., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2014). An information framework for creating a smart city through internet of things. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(2), 112–121.
- Kavousian, A., Rajagopal, R., & Fischer, M. (2013). Determinants of residential electricity consumption: Using smart meter data to examine the effect of climate, building characteristics, appliance stock, and occupants' behavior. *Energy*, 55, 184–194.

- Li, X., Hui, D., & Lai, X. (2013). Battery energy storage station (BESS)-based smoothing control of photovoltaic (PV) and wind power generation fluctuations. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 4(2), 464–473.
- Maduro-Abreu, A., Saavedra, A. R., Mendonça, G. P., Araújo, J. A., Murça, L. B., Frontin, S. de O., ... Rego, V. B. (2010). Prospecção e hierarquização de inovações tecnológicas aplicadas a linhas de transmissão. *Brasília, DF: Teixeira Gráfica e Editora*.
- Markovic, D. S., Zivkovic, D., Branovic, I., Popovic, R., & Cvetkovic, D. (2013). Smart power grid and cloud computing. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 566–577.
- McDaniel, P., & McLaughlin, S. (2009). Security and privacy challenges in the *smart grid*. *IEEE Security & Privacy*, 7(3).
- McKenna, E., Richardson, I., & Thomson, M. (2012). Smart meter data: Balancing consumer privacy concerns with legitimate applications. *Energy Policy*, 41, 807–814.
- Mehl, E. L. (2012). Qualidade da energia elétrica. *UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ – UFPR*.
- Meijer, A., & Bolívar, M. P. R. (2016). Governing the smart city: a review of the literature on smart urban governance. *International Review of Administrative Sciences*, 82(2), 392–408.
- Melo, C. A. de, Jannuzzi, G. de M., & Bajay, S. V. (2016). Nonconventional renewable energy governance in Brazil: Lessons to learn from the German experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61, 222–234.
- Nadruz, V. do N., Gallardo, A. L. C. F., Ruiz, M. S., & Ramos, H. R. (2017). Avaliação de desempenho ambiental a partir das práticas de gestão ambiental para qualificação da contratação de obras de linhas de transmissão. *Exacta*, 15(2), 187–202. <https://doi.org/10.5585/exactaep.v15n2.6381>
- Nam, T., & Pardo, T. A. (2011). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. *Proceedings of the 12th annual international digital government research conference: digital government innovation in challenging times*, 282–291.
- Naphade, M., Banavar, G., Harrison, C., Paraszczak, J., & Morris, R. (2011). Smarter cities and their innovation challenges. *Computer*, 44(6), 32–39.
- Zanetti Neto, G. , Costa, W. T. da, & Vasconcelos, V. B. (2016). A resolução normativa no 482/2012 da ANEEL: possibilidades e entraves para a microgeração distribuída. *Revista Brasileira de Energia Solar*, 5(2). Recuperado de <https://rbens.emnuvens.com.br/rbens/article/view/115>
- Pacheco, F. (2006). Energias Renováveis: breves conceitos. *Conjuntura e Planejamento*, 149, 4–11.
- Peters, M. (2007). Home help (smart meters). *Power Engineer*, 21(5), 20–23.
- Rangel, R. K., Kienitz, K. H., & Brandão, M. P. (2009). Sistema de Inspecao de Linhas de Transmissao de Energia Electrica Utilizando Veiculos Aereos Nao-Tripulados. *3rd CTA-DLR Workshop on Data Analysis & Flight Control ocorrido entre*, 14–16.
- Reis, L. B. dos. (2015). *Geração de energia elétrica*. Editora Manole.
- Rider, M. J., López-Lezama, J. M., Contreras, J., & Padilha-Feltrin, A. (2013). Bilevel approach for optimal location and contract pricing of distributed generation in radial distribution systems using mixed-integer linear programming. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 7(7), 724–734.
- Santos, F. A., Queiróz, J. D., Colodette, J. L., Fernandes, S. A., Guimarães, V. M., & Rezende, S. T. (2012). Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. *Química Nova*, 35(5), 1004–1010.

- Sawada, J., Kusumoto, K., Maikawa, Y., Munakata, T., & Ishikawa, Y. (1991). A mobile robot for inspection of power transmission lines. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 6(1), 309–315.
- Shaikh, P. H., Nor, N. B. M., Nallagownden, P., Elamvazuthi, I., & Ibrahim, T. (2014). A review on optimized control systems for building energy and comfort management of smart sustainable buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 409–429.
- Siano, P. (2014). Demand response and *smart grids*-A survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 461–478.
- Silva, A. F. D. S. J., & Campos, M. F. D. (2016). Recentes Avanços E Tendências Em Novos Materiais Para Energia Renovável/Recent Advances and Trends in New Materials for Renewable Energy. *HOLOS; Natal*, 32(8), 47–60. <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2016.4315>
- Singh, G. K. (2013). Solar power generation by PV (photovoltaic) technology: A review. *Energy*, 53, 1–13.
- Souza, H. M. de, Leonelli, P. A., Alexandre, C., & Pires, P. (2009). Reflexões sobre os principais programas em eficiência energética existentes no Brasil. *Revista Brasileira de energia*, 15, 7–26.
- Tang, G. Q. (2011). *Smart grid* management & visualization: Smart power management system. In *Emerging Technologies for a Smarter World (CEWIT), 2011 8th International Conference & Expo on* (p. 1–6). IEEE.
- Tolmasquim, Mauricio T., Guerreiro, A., & Gorini, R. (2007). Matriz energética brasileira: uma prospectiva. *Novos estudos-CEBRAP*, (79), 47–69.
- Tolmasquim, Mauricio Tiomno. (2012). Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. *Estudos avançados*, 26(74), 247–260.
- Vichi, F. M., & Mansor, M. T. C. (2009). Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. *Química Nova*, 32(3), 757–767.
- Vilaça, N. M. C. A., Figueiredo, V. N., Oliveira, L. B., Ferreira, V. H., Fortes, M. Z., Correia, W. F., & Pacheco, O. L. C. (2014). Smart City–Caso de Implantação em Búzios–RJ. *Revista SODEBRAS*, 9(98). Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Marcio\\_Fortes/publication/268515128\\_SMART\\_CITY\\_-\\_CASO\\_DA\\_IMPLANTACAO\\_EM\\_BUZIOS/links/546e70020cf2b5fc176076f3/SMART-CITY-CASO-DA-IMPLANTACAO-EM-BUZIOS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marcio_Fortes/publication/268515128_SMART_CITY_-_CASO_DA_IMPLANTACAO_EM_BUZIOS/links/546e70020cf2b5fc176076f3/SMART-CITY-CASO-DA-IMPLANTACAO-EM-BUZIOS.pdf)
- Wolsink, M. (2012). The research agenda on social acceptance of distributed generation in *smart grids*: Renewable as common pool resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 822–835.
- Yan, Y., Qian, Y., Sharif, H., & Tipper, D. (2013). A survey on *smart grid* communication infrastructures: Motivations, requirements and challenges. *IEEE communications surveys & tutorials*, 15(1), 5–20.