RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: UMA REFLEXÃO TEÓRICA SOBRE SUAS CONEXÕES

URBAN SOLID WASTE MANAGEMENT AND ELECTRICITY GENERATION: A THEORETICAL REFLECTION ON THEIR CONNECTIONS

Sara de Souza Ribeiro[1], Fabricio Quadros Borges[2]

Submetido: 09/02/2021
Aprovado: 28/02/2021

RESUMO
O objetivo deste estudo de natureza teórica é de analisar as conexões entre resíduos sólidos urbanos e geração de energia elétrica complementar para transformações produtivas. O Brasil possui grande potencial energético a partir dos resíduos sólidos e a alternativa poderia aumentar a atual oferta do país em 50 milhões de megawatt-hora por ano, o que representa mais de 15% do total atualmente disponível ou cerca de um quarto do que gera a usina hidrelétrica de Itaipu. A metodologia fundamentou-se em pesquisas bibliográficas sobre os temas gestão de resíduos sólidos, geração de energia e conexões entre o uso de resíduos sólidos e produção de energia. O estudo conclui que existem amplas possibilidades de utilização de resíduos sólidos para a geração de energia elétrica complementar. Todavia, existe a necessidade da produção de indicadores que melhor dimensionem esta utilização de maneira estratégica e em favor do processo de desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de resíduos. Produção de eletricidade. Gestão integrada de recursos.

ABSTRACT
The objective of this theoretical study is to analyze the connections between solid urban waste and the generation of complementary electric energy for productive transformations. Brazil has great energy potential from solid waste and the alternative could increase the country's current supply by 50 million megawatt-hours per year, which represents more than 15% of the total currently available or about a quarter of what it generates the Itaipu hydroelectric plant. The methodology was based on bibliographic research on the topics of solid waste management, energy generation and connections between the use of solid waste and energy production. The study concludes that there are ample possibilities for using solid waste to generate complementary electricity. However, there is a need to produce indicators that best measure this use strategically and in favor of the sustainable development process.

KEYWORDS: *Waste management. Electricity production. Integrated resource management.*

RESUMEN
El objetivo de este estudio teórico es analizar las conexiones entre los residuos sólidos urbanos y la generación de energía eléctrica complementaria para transformaciones productivas. Brasil tiene un gran potencial energético a partir de residuos sólidos y la alternativa podría incrementar el suministro actual del país en 50 millones de megavatios hora por año, lo que representa más del 15% del total actualmente disponible o cerca de una cuarta parte de lo que genera la central hidroeléctrica de Itaipú. La metodología se basó en la investigación bibliográfica sobre los temas de gestión de residuos sólidos, generación de energía y conexiones entre el uso de residuos sólidos y la producción de energía. El estudio concluye que existen amplias posibilidades de utilizar residuos sólidos para generar electricidad complementaria. Sin embargo, existe la necesidad de producir

[1] Doutoranda em Administração pela Universidade da Amazônia – Unama - https://orcid.org/0000-0002-5105-1081 - ssr20@gmail.com
[2] Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Administração - PPAD da Universidade da Amazônia. Professor do Quadro Permanente do Instituto Federal do Pará – IFPA - http://orcid.org/0000-0002-1326-959X - posdoctorborges@gmail.com

indicadores que midan mejor este uso de manera estratégica y a favor del proceso de desarrollo sostenible.

PALABRAS CLAVE: *Gestión de resíduos. La producción de electricidad. Gestión integrada de recursos.*

1. INTRODUÇÃO

O debate sobre a geração e gestão de resíduos é uma preocupação compartilhada por países desenvolvidos e em processo de desenvolvimento, o que irá os diferenciar é que nos países desenvolvidos a gestão de resíduos ocorre através de programas oficiais administrados pelo poder público, destinando os resíduos aos aterros sanitários ou incineradores, após o processo de seleção e tratamento.

O Brasil possui grande potencial energético a partir dos resíduos sólidos e a alternativa poderia aumentar a atual oferta do país em 50 milhões de megawatt-hora por ano, o que representa mais de 15% do total atualmente disponível ou cerca de um quarto do que gera a usina hidrelétrica de Itaipu. Além da redução dos aterros sanitários e lixões, menor produção de gases poluentes, menos riscos ao meio ambiente e à saúde humana, mais economia e mais empregos são apenas algumas delas (SOUSA; GAIA; RANGEL, 2010).

Porém, o Brasil, devido ao modelo de produção de energia baseado em hidrelétricas, apresenta limitações nas fontes de pesquisa e tecnologia, barreiras regulatórias relacionadas a fontes de energia renováveis. Dessa forma, não há grandes incentivos à novas formas de produção de energia. Ressaltando ainda o fato de que por se tratar de uma temática relativamente nova, comparada a Europa e América do Norte, investimentos em energia renovável, em sua maioria, apresentam uma demanda menor em incentivos se confrontada aos necessários para adoção de fontes de energia tradicional (COSTA; ABREU, 2018).

Os impactos ambientais e sociais causados pelas fontes de energias tradicionais têm levado o poder público, privado e a comunidade científica a pensarem em novas alternativas para a geração de energia. Além do que, os benefícios quanto ao aproveitamento energético dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) podem ser enumerados, destacando-se a geração de emprego, transferência de tecnologia, substituição de combustíveis fósseis e mitigação de gases de efeito estufa (PAVAN, 2010; MARTINS; SILVA; CARNEIRO, 2016). E mesmo diante dos presentes benefícios a dificuldade de maiores investimentos neste seguimento, além dos já citados, está relacionado tanto a legislação aplicada para geração de energia renovável quanto a que regula RSU por serem recentes e ainda estarem em processo de melhoria. No entanto, o século XX é marcado pela expansão tecnologia e oferta de produtos em virtude da globalização, fazendo com que seja necessário se buscar novas fontes energéticas, além de se gerir de forma mais eficiente as toneladas de resíduos produzidos diariamente no Brasil (CAMPOS; GALIZA, 2016).

Nesta perspectiva, este artigo possui o objetivo de analisar as conexões entre resíduos sólidos urbanos e geração de energia elétrica complementar para transformações produtivas. Na busca deste desafio, este esforço de natureza teórica, além desta introdução, estará dividido em cinco partes a saber: potencial energético dos resíduos sólidos urbanos; panorama tecnológico do aproveitamento energético dos resíduos urbanos; geração de energia elétrica a partir de resíduos sólidos urbanos; diretrizes para projetos de geração de eletricidade a partir de resíduos sólidos; e as considerações finais.

2. POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

De acordo com o estudo de Yu et al. (2019), a energia proveniente de resíduos é um método adequado de gestão de resíduos, além de ser importante para produção de energia renovável. Segundo o estudo, já se realizava a reciclagem de 57% do lixo doméstico, 26% dos que eram de aterros e os 17% restantes incinerados, principalmente para produção de calor. Também trazem como elementos positivos da recuperação de energia a partir dos RSU a possibilidade de obter uma fonte de energia local, redução de deposito de resíduos em aterros sanitários, podendo ainda contribuir com a diminuição nas emissões globais de Gases do Efeito Estufa (GEE) através de uma melhor gestão de resíduos sólidos por meio da reciclagem e recuperação de energia. Além do que, a produção de energia por meio da matéria prima reciclada dos resíduos promove a produção de energia renovável, desempenhando um papel cada vez mais importante na gestão sustentável dos RSU a nível global (SCARLAT; DALLEMAND; FAHL, 2018).

No processo de gestão dos resíduos a melhor alternativa para descartá-los é reciclá-los e reutilizá-los. O que não puder ser reutilizado e reciclado deve ser usado na recuperação de energia, sendo que o seu potencial energético dependerá de fatores como o tipo de resíduos, disponibilidade financeira, aspectos ambientais, potencial de resíduos no setor de energia renovável, tecnologias disponíveis, e seu impacto ambiental (AZEVEDO, 2015). A pesquisa de Vaish *et al.* (2016) deixa claro o potencial de energia presente na biomassa proveniente dos RSU na China, Japão, Malásia, Suécia, entre outros países que se destacam pelo potencial de geração de energia armazenada nos resíduos.

Outro trabalho que retrata o potencial dos resíduos sólidos é o de Hidalgo-Crespo *et al* (2019) por identificar a composição, taxa de produção e valorização calorífica teórica do lixo doméstico. O estudo se desenvolveu através de um número total de 665 famílias. Seus resíduos foram classificados em 2 categorias principais: resíduo biodegradável compreendendo 81,8%; e resíduo não biodegradável compreendendo 18,2%. Presente no lixo doméstico total por dia per capita por toda a amostra, demonstrando o papel que os resíduos podem desempenhar no fornecimento de energia para a indústria ou para o país em geral com um potencial energético diário total de 2,48 TJ para incineração e 1,80 TJ para produção de metano por digestão anaeróbica. O

estudo se desenvolveu no Equador - Guayaquil é a maior e mais populosa cidade do Equador, com cerca de 2,70 milhões de pessoas na região metropolitana.

Elmnifi *et al*. (2018) decorrem sobre pesquisa desenvolvida na cidade de Trípoli, capital da Líbia, que sofreu profundas transformações em decorrência do petróleo, aumento dos RSU e demanda de eletricidade. Neste sentido, os autores da pesquisa desenvolveram um esforço de avaliação do desperdício de energia proveniente dos resíduos, além de buscar uma fonte renovável de eletricidade.

Cita-se também outro trabalho que descreve com clareza o potencial dos RSU propõe um sistema de gaseificação de biomassa proveniente do caroço de açaí encontrado em grandes quantidades na área urbana de Belém, para suprir a demanda energética do restaurante universitário da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Ao final, evidencia-se por meio da análise de Valor Presente Líquido - VPL e *payback* que a gaseificação é uma alternativa viável social e economicamente para produção de energia elétrica (KÜHL; DE OLIVEIRA, 2019).

No estudo desenvolvido por Gehm e Canha (2019), os autores defendem o benefício da produção de energia por meio dos RSU, no entanto, explicam que existem fatores que irão determinar a viabilidade ou não da produção de energia proveniente da queima dos resíduos como a quantidade de resíduos alimentares, altamente degradáveis. Porém, quando o objetivo é a incineração, quanto menos úmido for o resíduo mais poder calorifico terá. E, consequentemente, maior potencial energético, conforme a Tabela 1, que descreve a massa de resíduos obtidos de uma amostra de 1.090 quilos do município de Ijuí no Rio Grande do Sul, sem considerar os resíduos secos encaminhados para uma central de triagem existente no município

Tabela 1: Composição dos RSU de Ijuí

MATÉRIA	MASSA (KG)	FRAÇÃO (%)
Matéria Orgânica	702,61	64,46
Papel / Papelão	123,82	11,36
Plástico	176,14	16,16
Metais	13,41	1,23
Vidros	16,02	1,47
Outros	57,99	5,32
Total	1.090,00	100,00

Fonte: Da Costa Gehm e Canha (2019)

Fatores como o modo de coleta dos resíduos e sua área de origem também irão influenciar no potencial do Biogás ou energia proveniente da incineração, entretanto, a coleta energética dos resíduos é uma opção viável em direção à energia sustentável, além de influenciar na formulação de políticas públicas (DI MATTEO *et al*., 2017). Scarlat; Dallemand e Fahl (2018) concordam com a visão de Di Matteo *et al* (2017), ao apresentarem uma pesquisa que descreve os benefícios, apesar de algumas fragilidades, de se produzir energia através dos resíduos. O estudo apontou que a

produção de energia através da queima de resíduos oferece o desenvolvimento local por meio da produção de energia renovável, benefícios no processo de gestão dos resíduos, redução de gás carbônico na atmosfera, no entanto, a origem e o tipo de resíduos irão influenciar diretamente no potencial energético. Atualmente as usinas hidrelétricas são as mais utilizadas para produção de energia elétrica no Brasil (IPEA, 2012), conforme Figura 1:

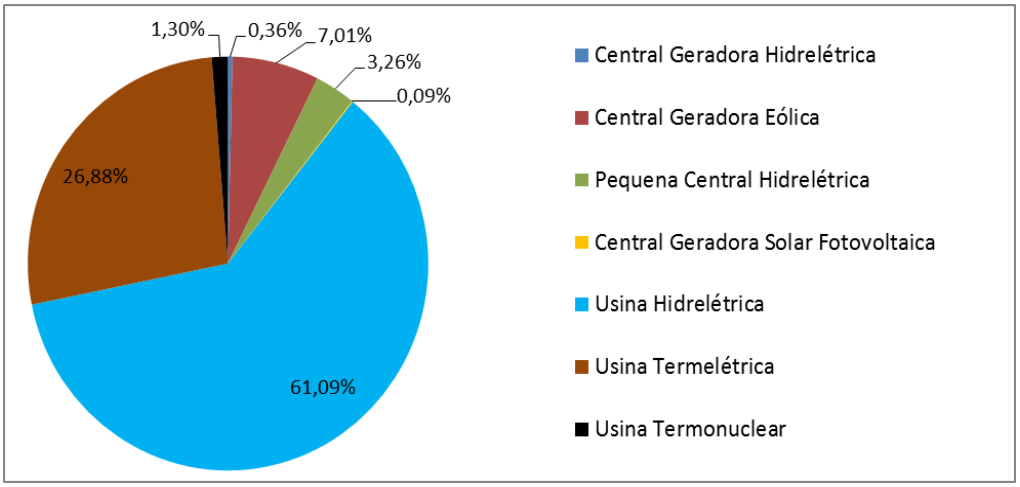

Figura 1: Matriz energética brasileira
Fonte: SILVA *et al* (2018).

Segundo Silva *et al* (2018), as hidrelétricas se fazem preponderante na matriz energética brasileira por ser competitiva economicamente, além de ser uma fonte de geração renovável de energia, mesmo que para isso seja necessário elevado investimento inicial para construção de projetos hidrelétricos de grande porte, o que faz com que a produção de energia a partir de resíduos sólidos ainda seja muito tímida, no entanto, na Europa, segundo Dalmo *et al* (2018), os governos garantem preços semelhantes aos pagos por energia eólica à energia gerada por biogás. Além do que, biogás proveniente de aterros, na Europa, corresponde a 49% do biogás total, seguido por biodigestores na agricultura – 36% – e efluentes – 15%.

O momento atual apresenta um cenário de intensas mudanças climáticas que demonstra a real necessidade de se colocar a questão ambiental no centro dos debates de suas economias, buscando, dessa maneira, soluções ambientalmente adequadas que visem a redução ou gerenciamento adequado das muitas toneladas de resíduos produzidas anualmente e a busca por fontes renováveis de energia (NASCIMENTO *et al*. 2019). De acordo com a ABRELPE (2019), em 2018 foram geradas no Brasil 79 milhões de toneladas de resíduos, o que poderia demonstrar um potencial considerável de aproveitamento energético por meio do biogás ou biometano em seus diversos aterros sanitários ao se considerar o volume expressivo de RSU produzidos.

3. PANORAMA TECNOLÓGICO DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS URBANOS

Mesmo diante dos impactos causados ao meio ambiente pelas hidrelétricas, ainda há pouco investimento na geração de novas fontes de energia elétrica no Brasil. Tal comportamento, de acordo com Costa *et al.* (2018), tem como justificativa: o elevado custo do capital nacional; limitada capacidade para o desenvolvimento de projetos de financiamento externo; limitadas fontes de pesquisas tecnológicas; e restrições de barreiras regulatórias; principalmente porque as fontes renováveis (como no caso do biogás) geralmente transitam por diversos âmbitos da administração pública.

Depois da energia hídrica, o parque termelétrico ocupa o segundo lugar na matriz elétrica brasileira, em terceiro lugar se tem a energia solar, seguindo da energia eólica e nuclear (SILVA *et al.* 2018). O parque termelétrico utiliza a biomassa como insumo para produção de energia, o que pode vir a ser uma alternativa plausível para utilização de resíduos sólidos urbanos na produção de energia renovável, conforme identificado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2007), onde: a) Biomassa energética florestal: derivada dos recursos florestais, sua utilização no uso final energético acontece, principalmente, através das rotas tecnológicas de transformação termoquímica, como combustão direta e carbonização; b) Biomassa energética agrícola: são os combustíveis produzidos das plantações não florestais, originados de colheitas anuais; c) Rejeitos urbanos: a biomassa contida em resíduos sólidos e líquidos urbanos tendo como rotas tecnológicas de seu aproveitamento energético a: combustão direta, a gaseificação, pela via termoquímica, após a separação dos materiais recicláveis, e a digestão anaeróbica, na produção de biogás, pela via biológica.

Para Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2014), a incineração e o processamento biológico são as duas formas de aproveitamento energético dos RSU que proporcionam a diminuição de área de aterros sanitários mais utilizados no Brasil. Sendo que, na incineração, há riscos ambientais, caracterizados nas emissões de dioxinas e furanos. Por outro lado, ao nível do conhecimento atual, os processos biológicos agridem menos a natureza, mas é preciso conseguir escoar a produção de adubo ou composto orgânico. De acordo com a publicação da EPE (2014), as principais vantagens que podem ser obtidas através do aproveitamento dos RSU são: a) A eletricidade: gerada a partir da queima do biogás ou da incineração; b) O biogás de aterro: conhecido como gás de lixo (GDL) ou de digestão anaeróbica, que após processado pode ser substituto (ou complemento) ao gás natural, que é chamado de biometano ou gás natural renovável (GNR) - por atender à Resolução 16 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). O biogás é uma combinação gasosa composta por gás carbônico (CO^2) e metano (CH^4) formada por um processo biológico de decomposição da matéria orgânica por meio de digestão anaeróbia (OLIVEIRA et al, 2018).

Nos anos de 2000 e de 2010, a geração de resíduos se tornou muito maior que o próprio aumento da população brasileira, uma das alternativas para amenizar esta situação é direcionar tais resíduos para sua inserção no setor elétrico (RESENDE, 2016). Segundo Mazzonetto (2016), apesar das ações voltadas para redução e destinação correta dos RSU, grande parte desses ainda têm destinação incerta ou a aterros sanitários e lixões onde sua decomposição gera gazes poluentes gravíssimos ao meio ambiente. Porém, nem tudo é tão ruim, os resíduos sólidos, quando trabalhados de forma estratégica, podem ser reaproveitados energeticamente e suas emissões poluentes mitigadas nesse processo.

A incineração de resíduos sólidos urbanos ocorre através de incinerador ou queima a céu aberto. No incinerador ocorre o processo de combustão controlada dos resíduos, entre 800 ºC e 1200ºC, o calor produzido passa a ser convertido em vapor gerando o movimento das turbinas usadas para produção de energia elétrica, além do que, os resíduos se transformam em matéria estável sem danos à saúde pública, reduzindo seu peso e volume (CORSINI, 2013). Quando a incineração ocorre a céu aberto há a combustão dos resíduos sem nenhum tipo de equipamento de proteção ou filtro, o que resulta em produção de fumaça e gases tóxicos de acordo com o Ministério do Meio Ambiente - MMA (2012).

Segundo Abramovay (2013), cresce no Brasil o movimento em oposição ao processo de incineração e sua inclusão como alternativas de destinação correta dos resíduos sólidos. O discurso toma como base a queima que destrói materiais que poderiam ser utilizados na obtenção de riqueza, não sendo especificado que tipo de riquezas, e a emissão de gases poluentes. No entanto, para Costa *et al* (2018), a produção de energia através da incineração dos rejeitos urbanos pode contribuir para o atendimento no fornecimento de energia elétrica para sociedade e redução das muitas toneladas de resíduos produzidos diariamente.

Na visão de Santaella *et al.* (2014) qualquer tipo de ação que leve a produção de energia e tratamento de resíduos irá gerar aspectos positivos e negativos: a) Aspectos positivos: redução significativa dos resíduos que seriam depositados em lixões ou aterros sanitários; recepção de alguns tipos de resíduos sólidos; possibilidade de localizar-se próximo a centros urbanos; ocupação de pequena área; b) Aspectos negativos: elevados custos de instalação; local adequado para disposição das cinzas; exigência de pessoal especializado; controle da poluição atmosférica.

O Gás De Lixo (GDL), proveniente da digestão anaeróbica (ausência de oxigênio gasoso), também conhecido como gás dos pântanos, gás de aterro, gás de digestor e gás da fermentação (BARRETO et al. 2013) é resultado da decomposição anaeróbica da matéria orgânica que ocorre por meio da ação de múltiplas bactérias (MARTINS et al. 2015). Investir em fontes renováveis de energia como o biogás proveniente de aterros sanitários passa a ser uma alternativa para o tratamento das toneladas de RSU depositados diariamente de forma incorreta em espaços públicos ou em aterros que já apresentam sinais de esgotamento (REIS *et al.* 2018). Como mecanismo tecnológico para produção de energia complementar a partir dos resíduos sólidos urbanos, especificamente, da

decomposição dos resíduos orgânicos, o aproveitamento do biogás se apresenta como fonte renovável de energia, além de contribuir com a redução do lançamento de metano e do dióxido de carbono (CO^2) na atmosfera (NASCIMENTO *et al.* 2019).

A energia presente no biogás é oriunda basicamente do metano (CH4) que em condições favoráveis representa de 50% a 65% do gás produzido. No entanto, sua eficiência depende de processos microbiológicos dos resíduos em decomposição e das variedades especificas do aterro que ocorre em quatro etapas (CARVALHO JUNIOR *et al.* 2018): a) Fase aeróbica: ocorre na presença do oxigênio, onde são produzidos dióxido de carbono (CO^2), água, energia, e outro derivados como a biomassa e moléculas complexas na fase anaeróbica; b) Fase anóxica: inicia-se com a transição em que o O^2 é consumido pelos microrganismos aeróbicos; c) Fase metanogênica: prevalecem as ações dos microrganismos acetotróficos e dos hidrogenotróficos produtores de metano (CH^4); e d) Fase de maturação: fase final de decomposição dos resíduos em que seus nutrientes ficam restritos e os resíduos concentram-se em processo de bioestabilidade. Um exemplo de que é possível a utilização do biogás para produção de energia é o Município de São Paulo em que já há a produção de energia nos aterros de Bandeirantes com termelétrica com 20 MW e São João com 24 MW de potência instalada. Isso quer dizer que, a geração de energia nestes aterros é suficiente para atender o consumo de aproximadamente 170 residências ou uma população entre 500 e 600 mil habitantes (EPE, 2014).

A utilização de RSU como matéria prima energética passa a prestigiar uma alternativa de redução dos danos que esta causa ao meio ambiente. A produção de energia por meio do biogás permite a geração de energia renovável e limpa (CAMPOS; GALIZA, 2016), fazendo com que a produção energética se torne uma alternativa eficiente para gestão de resíduos (PEREIRA, 2015).

Os resíduos orgânicos possuem alto poder calorifico, o que os leva a serem aproveitados na geração de energia elétrica e térmica, como combustível de caldeira, a vapor e veículos, por meio da digestão anaeróbia. Através da digestão anaeróbia é possível se conseguir um gás de alto valor para a produção de energia, conhecido como metano, representado pela fórmula química CH^4. O metano é o principal elemento do biogás, qualificado como biocombustível que pode contribuir para emancipação da dependência dos combustíveis fósseis (SILVA *et al.* 2018).

A Pirolise é outra ferramenta que pode contribuir para produção de energia através dos resíduos sólidos urbanos, é definida como um processo de decomposição térmica da biomassa na presença controlada de oxigênio tendo como produto compostos na fase gasosa, líquida e sólida (FÉLIX *et al.,* 2017). Segundo Abreu *et al.* (2019), a pirolise destaca-se por favorecer a redução no volume de resíduos sólidos, além de produzir combustível de alta qualidade. A pirólise possui compostos nas fases gasosa, líquida e sólida, como identificado por Félix *et al* (2017): a) O gás: produto composto por CO, CO^2, hidrogênio e hidrocarbonetos de baixa massa molar; b) O líquido: o resultado obtido é oriundo da condensação de gases, denominada líquido pirolenhoso; e c) o sólido: passa a ser denominado de bio-carvão. Estes fenômenos acontecem na decomposição térmica (com

temperaturas acima de 400ºC) da matéria orgânica em que há a ausência de oxigênio, em temperaturas controladas e inferiores às empregadas para incineração, que transforma substâncias complexas em outras mais simples com valor comercial, e com ausência parcial ou total de agente oxidante (PEREIRA et al, 2016).

Na Pirólise, a matéria orgânica é convertida em diversos subprodutos tais como: hidrocarbonetos, álcoois, ácidos orgânicos de densidade elevada, vidros, metais, metano (CH^4), monóxido de carbono (CO), hidrogênio (H^2) etc. Alguns destes subprodutos possuem conteúdo energético aproveitável elevado (são combustíveis), em que os mesmos apresentam vantagens e desvantagens (SANTAELLA et al, 2014; ABREU et al, 2019): a) Aspectos positivos: possibilidade de gerar combustíveis líquidos e gasosos; redução de gases emitidos ao meio ambiente; tem custo de implantação mais barato, pois pode processar todos os tipos de resíduos; autossustentável, se mantendo com o próprio combustível que produz; b) Aspectos negativos: elevados custos de instalação, de operação e de manutenção; exigência de pessoal especializado para operação e manutenção dos equipamentos.

A pirolise proporciona a geração de energia térmica e elétrica, para tanto, é necessário avaliar as características físicas, químicas e biológicas dos resíduos, devendo ainda, conhecer o poder calorífico, que indica a capacidade potencial de um material desprender determinada quantidade de calor, quando submetido à queima, além de ser considerado um dos mecanismos tecnológicos mais eficientes para destinação final de resíduos sólidos (ABREU; *et al*, 2019).

Enfim, sabe-se que em cada um destes processos há vantagens e desvantagens, como visto anteriormente. A opção por um deles depende de vários fatores tais como: tipo de resíduo a ser tratado, disponibilidade de área e custo do tratamento (SANTAELLA; *et al,* 2014).

4. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

As características finitas apresentadas pelos recursos naturais, associadas aos impactos ambientais fruto da exploração e consumo de petróleo, gás natural e carvão mineral, deixa claro que essas alternativas para produção de energia deverão ser aos poucos substituídas, o que demostra ser necessário investir no desenvolvimento de fontes de energia renovável, uma vez que o desenvolvimento de um país está diretamente relacionado ao aumento do consumo energético e, consequentemente, ao crescimento da geração de lixo urbano por habitante; esta percepção de Carvalho (2014) é compartilhada por Dallepiane *et al.* (2017) ao afirmarem que a expansão social e econômica proporciona o crescimento diário do consumo de energia elétrica, uma vez que esta, promove o trabalho e desenvolvimento, fazendo com que seja compreensível a pesquisa de projetos energéticos e fontes renováveis de geração, com o objetivo de atender a demanda energética de forma sustentável.

Segundo Doroche e Anschau (2015) nos países em desenvolvimento e entre os países mais pobres, a expectativa de vida é menor do que em países desenvolvidos, a mortalidade infantil fica no patamar de 60 óbitos para cada 1000 nascimentos, ressaltando o número de analfabetismo. Esses resultados são influenciados pelo acesso ou não à energia elétrica, uma vez que o cenário em que vivemos demanda de mais produção e distribuição de energia elétrica para impulsionar o desenvolvimento. No mundo globalizado, a ausência ou dificuldade em acesso à energia elétrica termina por se apresentar como uma grande barreira para a erradicação da pobreza. Daí a necessidade constante de buscar novas alternativas para produção de energia através de fontes que não estejam relacionadas a produção hídrica ou de petróleo.

O trabalho de Mazzonetto *et al.* (2016) teve como proposta identificar as características dos resíduos (orgânico, papel, polímeros, metais, vidros, têxteis, tetra pak e outros) produzidos em Piracicaba quando da geração de metano (CH4) ao serem depositados em aterros. O estudo comprovou o potencial energético dos RSU através das equações de estimativas do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) e Método do Inventário, juntos com o *software* elaborado pela CETESB. Ao final concluiu-se que pode se gerar receita a partir da produção de energia elétrica que tem como insumo os RSU, seja por meio do reaproveitamento do biogás em aterros ou por processos de gaseificação de materiais com poder calorífico. O que pode ainda reduzir os custos com políticas públicas direcionando está verba para outras demandas da sociedade.

De acordo com Bley Júnior (2016) os sistemas energéticos podem passar a coexistir com outros sistemas como o econômico, gerando efeitos positivos que podem contribuir com impostos produtivos, gerados com a expansão da indústria de base produtora das tecnologias e desencadear novos ciclos de desenvolvimento que poderão ser facilmente encontrados em sistemas descentralizados de energia. De acordo com Costa e Abreu (2018), o conceito de produção de energia local como proposta de desenvolvimento local, apesar dos benefícios, encontra empecilhos já conhecidos como baixo incentivo a novas fontes de pesquisa energéticas; interesses particulares e falta de recursos, além de esbarrar em nós atados há décadas, para sustentar o sistema convencional de energia.

A partir de 2020, o cenário compartilhado pelo mundo em consequência do surto da COVID-19 (Coronavirus disease 2019) - Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS - CoV-2), fez com que as pessoas passassem a depender ainda mais da energia elétrica uma vez que houve a necessidade de manter a comunicação, atividades profissionais, atendimentos médicos a distância através de celulares, tabletes, computadores enfim, mecanismos que necessitam de energia elétrica para funcionar. A utilização das redes sociais vem apresentando-se como ferramenta de comunicação e esclarecimento, utilizada como meio de troca expandindo-se como meio de comunicação da sociedade (ANDRADE *et al*. 2020).

No entanto, sabe-se que parte da sociedade não dispõe de enérgica elétrica, tornando as orientações com relação a situação do COVID-19 ainda mais difícil. A ausência de energia elétrica nas comunidades promove a deficiência no atendimento a serviços básicos para o desenvolvimento e capacitação, de sua população, o que gera mais empecilhos ao desenvolvimento econômico e o crescimento igualitário entre os países (ROCHA *et al*. 2019.)

De acordo com De Arruda Viana *et al* (2019) o Brasil apresenta aproximadamente 16% de sua população vivendo em zonas rurais aproximadamente, sendo que, parte desta população não possui acesso à energia elétrica, lembrando que, energia elétrica, é sinal de desenvolvimento e melhor qualidade de vida, porém, sua ausência reduz a qualidade de vida e o desenvolvimento agropecuário, fonte de renda da população rural. Assim como De Arruda *et al* (2019), Baron (2019) também acredita que novas perspectivas de desenvolvimento regional com o aproveitamento de fontes renováveis e a produção descentralizada de energia elétrica está poderá promover a criação de novos nichos de mercado local e contribuindo significativamente com o desenvolvimento da região de forma descentralizada e fortalecendo os atores locais e regionais. No entanto, para que ocorra de fato o desenvolvimento local, a partir de fontes de energia locais, se faz necessário a adoção de uma regulação específica que atenda a investidores e a questões sociais e ambientais, além de se sobressair a uma maior transferência tecnológica para produção de energia a partir dos RSU, que por ser uma fonte alternativa de produção de energia, ainda possui altos investimentos iniciais, mas que no futuro pode vir a ser competitiva com as outras fontes de energia (DALMO *et al*. 2018).

5. DIRETRIZES PARA PROJETOS DE GERAÇÃO DE ELETRICIDADE A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A matriz energética brasileira se destaca quanto às muitas possibilidades de produção de energia por meio de fontes diversas (NEVES FILHO; DE OLIVEIRA, 2019). No entanto ainda hoje a concentração dos investimentos é direcionada para produção de energia hídrica, mesmo que estes provoquem danos irreparáveis à biodiversidade, comunidades locais, a cultura dos povos e comunidades tradicionais da região (FEIO *et al;* 2020). De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) as diretrizes que regem a produção se energia no Brasil seguem o histórico elaborado de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1: Diretrizes que regem a produção se energia no Brasil

ANO	LEGISLAÇÃO	OBJETIVO

1933	Reorganização ao Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil	Reorganização ao Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, com a criação da DIRETORIA DE ÁGUAS, posteriormente, transformada no SERVIÇO DE ÁGUAS.
1934	Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM	Surgiu o DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL - DNPM, abrangendo, entre outros, o SERVIÇO DE ÁGUAS, em consequência da *Reforma Juarez Távora*.
1939	Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica - CNAEE	Criação do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica - CNAEE, pelo Decreto-lei nº 1.285, de 18 de maio de 1939, diretamente subordinado à Presidência da República, como órgão de consulta, orientação e controle quanto à utilização dos recursos hidráulicos e de energia elétrica, com jurisdição em todo o território nacional, e mais tarde também com atribuições executivas.
1960	Criação do Ministério das Minas e Energia	A Lei nº 3.782, de 22 de julho de 1960, criou o Ministério das Minas e Energia, subordinando o CNAEE ao Ministério.
1961	DNPM passou a integrar o Ministério de Minas e Energia Constituição das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS	O Departamento Nacional da Produção Mineral foi desligado do Ministério da Agricultura, passando a integrar o Ministério das Minas e Energia. A constituição das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS, autorizada pela Lei nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961, absorveu várias atribuições anteriormente da competência do CNAEE.
1965	Surgimento do Departamento Nacional de Águas e Energia – DNAE Coexistência do CNAEE e DNAE ocasionavam dificuldades para a política energética nacional	A DIVISÃO DE ÁGUAS do Departamento Nacional da Produção Mineral foi transformada no DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA - DNAE. A Lei nº 4.904, de 17 de dezembro de 1965, criou o Departamento Nacional de Águas e Energia - DNAE, sem ficar textualmente expresso que o CNAEE deixaria de intervir nos assuntos da competência do DNAE. A existência de dois órgãos com finalidades análogas ocasionou, durante alguns anos, dificuldades que se refletiam na política energética nacional.
1968	Transformação em Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE	O Decreto nº 63.951, de 31 de dezembro de 1968, aprovou a estrutura básica do Ministério das Minas e Energia, dispôs no parágrafo único, alínea "a", de seu artigo 1º: "Deverá ser iniciado o processo de absorção, pelos Departamentos a seguir indicados, das atribuições ora afetas aos órgãos adiante mencionados: a) Pelo DNAE, que passa a se denominar DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DNAEE, as atribuições do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica, no prazo de 60 dias.”
1969	Extinção do CNAEE e transferência de atribuições para o DNAEE	O Decreto-lei nº 689, de 18 de julho de 1969, completou os trâmites legais, extinguindo o CNAEE e decretando a definitiva absorção, por parte do DNAEE, de todas as atribuições do extinto CNAEE, definidas na legislação

		vigente.
1977	Aprovação de Regimento Interno do DNAEE	Pela Portaria nº 234, de 17 de fevereiro de 1977, do Ministro das Minas e Energia, foi aprovado o Regimento Interno do DNAEE. A natureza e a finalidade do DNAEE estão consignadas no art. 1º do referido Regimento Interno: "Art.1º - O Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE, instituído pela Lei nº 4.904, de 17 de dezembro de 1965, com autonomia financeira assegurada pelo art. 18 do Decreto nº 75.468 de 11 de março de 1975, é o Órgão Central de Direção Superior responsável pelo planejamento, coordenação e execução dos estudos hidrológicos em todo o território nacional; pela supervisão, fiscalização e controle dos aproveitamentos das águas que alteram o seu regime; bem como pela supervisão, fiscalização e controle dos serviços de eletricidade."
1996	Instituição da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL	A Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, institui a AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, autarquia sob regime especial, vinculada ao Ministério das Minas e Energia, com sede e foro no Distrito Federal, com a finalidade de regular e fiscalizar a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as Políticas e Diretrizes do Governo Federal. Constituída a Agência, com a publicação de seu Regimento Interno, ficará extinto o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE.
1997	Aprovação da Estrutura Regimental da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL Aprovação do Regimento Interno da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL	O Decreto nº 2.335, de 6 de outubro de 1997, aprova a Estrutura Regimental da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. E em 28 de dezembro de 1997, por meio da Portaria nº 349, do Ministro de Estado das Minas e Energia, é aprovado o Regimento Interno da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que exercerá as suas competências segundo as normas específicas do Código de Águas (Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934), da Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, da Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, e legislação complementar subsequente, na forma estabelecida em seu Regimento Interno.

Fonte: ANEEL: Breve histórico da regulação antes da ANEEL. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/destaques-distribuicao?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=14468831&_101_type=content&_101_urlTitle=historico-da-aneel&inheritRedirect=true. Acesso em 12/08/2020. Adaptado pelos autores

A Aneel, criada por lei, com personalidade jurídica, patrimônio e receita própria para executar atividades típicas de Administração Pública, que requeiram, para seu melhor funcionamento, gestão administrativa e financeira descentralizada em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e

Energia, criada para regular o setor elétrico brasileiro, por meio da Lei nº 9.427/1996 **e** do Decreto nº 2.335/1997, conforme apresentado no Quadro 1, tem sob sua responsabilidade a regulação a geração (produção), transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, além da responsabilidade de fiscalizar diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica; programar as políticas e diretrizes do Governo Federal relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos; e estabelecer tarifas, dirimir as divergências na esfera administrativa, entre os agentes e entre esses agentes e os consumidores, promovendo as atividades de outorgas e concessão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica, por delegação do Governo Federal (ANEEL, 2019).

Neste cenário em que se apresenta a regulação, geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, é importante a análise da qualidade do serviço prestado com base nos indicadores ambientais, econômico e sociais, uma vez que, os indicadores poderão se apresentar como instrumento de avaliação da viabilidade para produção de energia através das fontes tradicionais ou se é o momento de se investir em novos processos ou fonte energéticas como, por exemplo, as que possuem resíduos sólidos urbanos como matéria prima (ALMEIDA *et al.*, 2016).

Para Borges (2012) os indicadores direcionam-se a uma proposta sustentável de caráter econômicos, podendo variar de acordo com o consumo de eletricidade, tarifa de eletricidade, renda média e investimento em energia elétrica; e social, ao descrever a concentração de renda na camada mais pobre da população, investimento em eletricidade e consumo de eletricidade. Por fim, mostra-se indicador ambiental, composto pelo rendimento energético, emissão de gases e consumo de eletricidade.

De acordo com De Almeida e Callado (2017) entende-se por indicadores ambientais os desempenhos relacionados a insumos como material, energia, água, entre outros; e a produção, tais como emissões, efluentes e resíduos, os relativos à biodiversidade, assim como a conformidade ambiental e outras informações, tais como investimentos e gastos com meio ambiente e os impactos de produtos e serviços. Indicadores sociais são aqueles que destacam a práticas trabalhistas como emprego, saúde e segurança no trabalho, além de diversidade e igualdade de oportunidades. Acrescentando os direitos humanos como a prevenção de trabalho forçado e escravo, e sociedade ao fazer referência as comunidades locais, corrupção, concorrência desleal, etc.

Na visão de Soares e Cândido (2019), o quanto se disponibiliza na renda familiar para o consumo de energia pode ser um indicador que contribui ou inibe o acesso aos serviços de energia, assim como consumo per capita de energia está relacionado ao uso de energia em termos de oferta total e procura, o que pode mensurar o progresso da qualidade de vida tendo em vista que a energia é um fator limitador ou impulsionador do desenvolvimento econômico.

As principais questões que direcionaram a construção desses indicadores foram à acessibilidade de energia, eficiência energética, energia renovável, tecnologias de combustíveis

fósseis avançadas, tecnologias de energia nuclear, energia rural e energia de transportes. O resultado foi a proposição de um conjunto de 30 indicadores de energia para o desenvolvimento sustentável, classificados em três principais dimensões: social, econômica e ambiental. Em suma, os indicadores podem colaborar na avaliação de impacto socioambiental e contribuição econômica a partir das estratégias de geração de energia elétrica com base em resíduos sólidos urbanos.

Segundo Almeida *et al.* (2016), entre outras variáveis os indicadores podem ser utilizados para a elaboração de políticas públicas, preventivas ou corretivas, a partir de três fundamentos que passam por: a) transmitir informação significativa e compreensível aos tomadores de decisão, refletindo a meta de uma sociedade; b) apresentar relevância para a política, não só tecnicamente, mas apresentando tendências ou progressos ambientais em direção a objetivos de política nacional; c) devem apresentar e agregar os componentes necessários para que sua utilização seja viável. Soares e Cândido (2019), compartilham da ideia de Almeida *et al* (2016) no que condiz a importância dos indicadores para promoção de políticas públicas cada vez mais sustentáveis como ferramentas de medição de impactos e tendências atuais e futuras dos sistemas de energia.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta investigação assumiu um desafio relevante para a sociedade mundial, que foi um esforço de análise das prováveis conexões entre resíduos sólidos urbanos e geração de energia elétrica complementar para transformações produtivas. O grande potencial energético brasileiro a partir dos resíduos sólidos urbanos é promissor e estudos vinculados a esta temática podem levantar subsídios substanciais para a operacionalização destas conexões, em favor do processo de desenvolvimento sustentável do país. A ampliação de estratégias de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos por meio do aproveitamento energético vislumbra garantir potencial de desenvolvimento em função das características regionais.

A análise estratégica da conexão entre o tratamento dos resíduos sólidos urbanos e o aproveitamento energético buscou identificar os caminhos mais viáveis a serem programados e os planos de ação que devem ser praticados em favor do desenvolvimento sustentável. Estes planos, quando construídos, devem compor a gestão pública na medida que passa a conhecer instrumentos capazes de atender às aspirações da sociedade brasileira.

Este breve levantamento teórico, ora organizado em artigo, concluiu que existem amplas possibilidades de utilização de resíduos sólidos para a geração de energia elétrica complementar. Todavia, existe a necessidade da produção de indicadores que melhor dimensionem esta utilização de maneira estratégica e em favor do processo de desenvolvimento sustentável. A colaboração dos indicadores pode favorecer ao processo de desenvolvimento na medida em que mensuram e orientam a construção de estratégias de geração de eletricidade a partir de resíduos sólidos urbanos. Estas estratégias podem reduzir impactos socioambientais e gerar renda em cadeia para as

comunidades envolvidas, o que contempla aspectos importantes do processo de desenvolvimento de uma população

Os subsídios levantados aqui, a partir da oportunidade de reflexão, podem favorecer o aperfeiçoamento do processo decisório no ambiente público. Novas pesquisas, no campo da operacionalização destas conexões, entre as conexões entre resíduos sólidos urbanos e geração de energia elétrica complementar para transformações produtivas, devem ser incentivadas aos estudiosos desta temática.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, Ricardo. **Lixo zero**: gestão de resíduos sólidos para uma sociedade mais próspera. São Paulo: Planeta sustentável: Instituto Ethos, 2013. 77 p.

ABREU, C. D.; HENKES, J. A. Uma análise sobre o tratamento de resíduos sólidos urbanos: proposta de sistema alternativo, transformando resíduos sólidos em carvão e energia. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 1015-1042, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2019. **Plano de Dados Abertos** 2016-2017. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/scg/formacao_CEG.asp. Acesso em: 05 ago. 2020.

ALMEIDA, A. R. et al. **Indicadores energéticos:** instrumentos de apoio ao desenvolvimento sustentável. 2016. Dissertação (Mestrado) - Paraná: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

ANDRADE, L. et al. A utilização das redes sociais digitais no cuidado psicossocial infantojuvenil, diante da pandemia por Covid-19. **Health Residencies Journal**, v. 1, n. 2, p. 44-61, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PUBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil** 2019. Disponível em: http://abrelpe.org.br. Acesso em: 18 out. 2020.

SANTOS, M. A.; OLIVEIRA SOUZA, A. Conhecimento de enfermeiros da Estratégia Saúde da Família sobre resíduos dos serviços de saúde. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 65, n. 4, 2015.

BLEY JÚNIOR, C. Energia local para o desenvolvimento sustentável local. **Caderno Opinião.** FGV Energia, 2016. Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/19219/C%C3%ADcero%20Bley%20-%20Energia%20Local.pdf. Acesso em: 28 jul. 2020.

BORGES, F. Q. Administração pública do setor elétrico: indicadores de sustentabilidade no ambiente residencial do estado do Pará (2001-10). **Revista de Administração Pública**, v. 46, n. 3, p. 737-751, 2012.

CAMPOS, A. F.; GALIZA, J. J. M. Regulação de resíduos sólidos urbanos para geração de energia a partir do biogás: estudo de viabilidades em regiões da grande Vitória/ES. **Revista Augustus**, v. 20, n. 40, p. 56-69, 2016.

CARVALHO JÚNIOR, F. H.; LOPES, Y. C.; SOUSA NETO, J. M. Estudo comparativo de métodos quantitativos para a produção de biogás com aplicação no aterro de João Pessoa-PB. **Revista Técnico-Científica**, n. 14, 2018.

CORSINI, R. **Equipamentos Públicos**. Infraestrutura urbana, 2013. Disponível em: http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/28/3-geracao-de-energia- or-incineracao-de-lixo-saiba-291153-1.aspx. Acesso em: 25 nov. 2020.

COSTA, I. P. P.; ABREU, Y. V. Estudo sobre a possibilidade de geração de energia a partir de resíduos de saneamento. **Desafios**, v. 5, n. 1, p. 14-25, 2018.

COSTA GEHM, S.; CANHA, L. N. Potencial para gerenciamento energético municipal a partir do biogás oriundo de aterros sanitários e da queima de resíduos sólidos urbanos/Potential for municipal energy management from biogas from landfills and the burning of urban solid waste. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 7, p. 9652-9662, 2019.

DALMO, F. C. et al. Geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos: experiência das políticas públicas brasileiras e internacional. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.7, n.1, p. 39-50, 2018.

ALMEIDA, K. K. N.; CALLADO, A. L. C. Indicadores de desempenho ambiental e social de empresas do setor de energia elétrica brasileiro: uma análise realizada a partir da ótica da Teoria Institucional. **Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade**, v. 7, n. 1, p. 222-239, 2017.

DOROCHE, M. R.; ANSCHAU, C. T. Oferta de energia elétrica no Brasil. **Revista Tecnológica**, v. 2, n. 1, p. 402-414, 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia 2030. **Ministério de Minas e Energia**: colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME: EPE, 2007. Disponível em: http://www.epe.gov.br/pt/resultado-de-busca?k=termel%C3%A9trico. Acesso em: 25 ago. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Inventário energético dos resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

ELMNIFI, M. et al. Waste-to-energy potential in Tripoli City - Libya. **Environment & Ecosystem Science**, v. 2, n. 1, p. 1-3, 2018.

FEIO, E. F. et al. Usina hidrelétrica e comunidades tradicionais: estudo de caso aplicado a Uhe Belo Monte com base na demanda por energia elétrica e os conflitos socioambientais inerentes a este processo. Marupiara. **Revista Científica do CESP/UEA**, n. 5, p. 31-47, 2020.

FÉLIX, C. R. O. et al. Pirólise rápida de biomassa de eucalipto na presença de catalisador Al-MCM-41. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 22, 2017.

HIDALGO-CRESPO, J. et al. Waste-To-Energy Incineration: Evaluation of energy potential for urban domestic waste in Guayaquil. **Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, n. E23, p. 392-403, 2019.

KÜHL, R. M.; OLIVEIRA, G. M. T. S. Análises da viabilização econômica da gaseificação de caroço de açaí no restaurante universitário da Universidade Federal Rural da Amazônia. Braz. **Jou. of Dev**, v. 5, p. 25, 2019.

MARTINS, L. O. S.; SILVA, T.; CARNEIRO, R. A. F. Análise da viabilidade econômica e financeira da implantação de usina de geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos no município de Santo Antônio de Jesus - BA. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 2, n. 2, p. 142-166, 2016.

MAZZONETTO, A. W. et al. Avaliação do potencial energético do resíduo sólido urbano de Piracicaba para produção de biogás. **Bioenergia em Revista: Diálogos,** v. 6, n. 1, 2016.

MARTINS, Luís Oscar Silva; SILVA, Leandro Teixeira; CARNEIRO, Roberto Antônio Fortuna. Análise da viabilidade econômica e financeira da implantação de usina de geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos no município de Santo Antônio de Jesus – BA. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 2, n. 2, p. 142-166, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Brasil. **Planos de Gestão de Resíduos Sólidos**: manual de orientação. Brasília: ICLEI, 2012.

NASCIMENTO, M. C. B. et al. Estado da arte dos aterros de resíduos sólidos urbanos que aproveitam o biogás para geração de energia elétrica e biometano no Brasil. **Eng. sanit. ambient**, v. 24, n. 1, p. 143-155, 2019.

NEVES FILHO, A. O.; OLIVEIRA, A. S. Energia solar fotovoltaica: análise da participação dos estados na matriz energética brasileira. **Revista Augustus**, v. 24, n. 49, p. 192-198, 2019.

OLIVEIRA, A. P. C.; CAES, A. L.; CUNHA, A. L. **A Política Nacional de Resíduos Sólidos, os catadores ou agentes socioambientais e a educação ambiental.** Anápolis: Universidade Estadual de Goiás Campus Morrinhos, 2018.

PAVAN, M.C.O. **Geração de Energia a Partir de Resíduos Sólidos Urbanos:** Avaliação e Diretrizes para Tecnologias Potencialmente Aplicáveis no Brasil, 2010, 186 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C. Modelos de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos: a importância dos catadores de materiais recicláveis no processo de gestão ambiental. *In:* LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. (Orgs). **Gestão sustentável dos recursos naturais:** uma abordagem participativa [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2015. p. 149-172.

REIS, E. R.; COSTA, S. P. M. A necessária diversificação da matriz energética no Piauí: uma reflexão sociojurídica e econômica à luz da regulação alemã da energia renovável. **Revista Videre**, v. 11, n. 22, p. 126-142, 2019.

RESENDE, L. O.; et al. **Sustentabilidade**: tópicos da Zona da Mata Mineira. Juiz de Fora: Real Consultoria em Negócios, 2016.

ROCHA, S. M.; ROCHA, R. R. C.; LUSTOSA, K. B. Política brasileira de resíduos sólidos: reflexões sobre a geração de resíduos e sua gestão no município de Palmas-TO. **Revista Esmat**, v. 9, n. 13, p. 29-44, 2019.

SANTAELLA, S. T. et al. **Resíduos sólidos e a atual política ambiental brasileira**. Fortaleza: UFC / LABOMAR / NAVE, 2014.

SCARLAT, N., DALLEMAND, J. F.; FAHL, F. Biogas: Developments and perspectives in Europe. **Renewable Energy**, v. 129, Parte A, p. 457-472, 2018.

SILVA FILHO, C. S. et al. Diagnóstico socioambiental do bairro Montese, situado na bacia de drenagem Tucunduba, Belém-Pa. *In*: **Fórum Internacional de Resíduos Sólidos-Anais**. 2018.

SOARES, J. A. S.; CÂNDIDO, G. A. Indicadores de sustentabilidade energética: uma ferramenta de apoio à formulação de políticas energéticas mais sustentáveis. **Revista Ibero -Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 2, p. 284-303, 2019.

SOUSA, R. S. M; GAIA, D. S.; RANGEL, L. S. Geração de energia através do lixo. **Revista de divulgação do projeto Universidade Petrobrás e IF Fluminense**, v. 1, p. 377-381, 2010.

YU, S.; JINJE PARK, J.; CHANGKOOK, R. Improvement of energy density and grindability for wood pellets by torrefaction. The 3rd International Conference on Bioresource, **Energy, Environment, and Materials Technology.** BEEM: 12-15, Hongkong, China, June, 2019.

WIRTH, I. G.; OLIVEIRA, C. B. **A Política Nacional de Resíduos Sólidos e os modelos de gestão**. Catadores de materiais recicláveis: um encontro nacional. Rio de Janeiro: IPEA, 2016. p. 217-245.