

INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS COM GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: ANÁLISE DO PANORAMA BRASILEIRO E SOTEROPOLITANO

Thiago Figueiredo de Oliveira
Cintia Ramos Costa da Cruz
Elizabeth da Rocha Couto

Centro Universitário Jorge Amado

RESUMO

A cada ano que passa, aumenta o nível de preocupação da sociedade brasileira com a quantidade de resíduos gerada nas mais diversas regiões do país, assim como ao destino empregado. Dentro desse contexto, a incineração de resíduos com reaproveitamento energético apresenta-se como uma das alternativas implícitas na Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS e desponta como solução para dois problemas atuais do país, o da fragilidade da matriz energética e o da gestão dos resíduos. O objetivo desta pesquisa é o de avaliar a viabilidade de utilização desta técnica em âmbito nacional e soteropolitano, apresentando seus prós, contras e aplicações pelo país. Constatou-se que, até o presente momento, esse contexto não seria aplicável. Muitos são os entraves ainda existentes, especialmente quando relacionados à composição do RSU brasileiro e aos costumes e hábitos da sociedade, acostumada a uma disposição inadequada.

Palavras-chave: incineração, resíduos sólidos urbanos, energia elétrica, usinas incineradoras.

ABSTRACT

Each year that passes, the level of concern of Brazilian society increases with the amount of waste generated in the most diverse regions of the country, as well as the destination being used. Within this context, incineration of waste with energy reuse is one of the alternatives implicit in the National Solid Waste Policy - PNRS and emerges as a solution to two current problems of the country, the fragility of the energy matrix and waste management. The objective of this research is to evaluate the feasibility of using this technique in national and soteropolitano context, analyzing its pros, cons and applications. It was found that, to date, this context would not be applicable. Many obstacles still exist, related especially to the composition of the Brazilian MSW and the

customs and habits of society, accustomed to an inadequate disposition.

Keywords: incineration, urban solid waste, electrical energy, incineration plants.

1. INTRODUÇÃO

Esse estudo possui como principal objetivo identificar e analisar o processo de incineração de resíduos, visando a geração de energia elétrica, tomando como base os panoramas brasileiro e soteropolitano.

Ele se justifica na medida que, se pararmos para analisar, desde a sua forma mais primitiva até a atual, o homem tem como característica comum a geração de resíduos oriundos do seu próprio desenvolvimento que, uma vez produzido, permanecerá no ambiente como um passivo, mesmo que haja a sua reutilização e reciclagem inúmeras vezes. Os grandes volumes de resíduos gerados pelas atividades antrópicas superaram, em muito, a capacidade da natureza de poder se regenerar ou absorver seus impactos.

Conforme relata Alencar (2015), e como breve constatação de tais características, houve uma intensificação na geração dos resíduos no período da Revolução Industrial, na qual a velocidade da degradação ambiental feita pela ação humana superou, em muito, a dos processos químicos, físicos e biológicos de recuperação e renovação dos recursos utilizados industrialmente; dificultando, portanto, a capacidade da natureza de poder se regenerar ou absorver os impactos.

À vista disso, torna-se evidente que a procura e utilização de novas técnicas de tratamentos de resíduos apareçam como alguns dos pilares para alcançar uma sociedade mais sustentável, principalmente, para quem produz os resíduos e para quem sofre os impactos ambientais negativos do tratamento inadequado. A busca por tecnologias alternativas para o aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos – RSU se mostra como uma ação de extrema importância para diversos países, especialmente para aqueles onde há ausência de grandes áreas para disposição final. No Brasil, o potencial de aproveitamento energético destes resíduos pode ser bastante explorado em função da quantidade expressiva de toneladas geradas diariamente.

Por meio de tais aspectos, verifica-se que a incineração se apresenta como uma alternativa interessante para o tratamento térmico de resíduos, podendo ser aplicada após etapas de gerenciamento (a exemplo da coleta seletiva, reciclagem e a reutilização), como é recomendada.

Esta técnica pode solucionar dois problemas da sociedade atual: a necessidade de geração de energia elétrica e a escassez de

áreas destinadas aos aterros sanitários, que necessitam de grandes espaços para sua implantação.

2. METODOLOGIA

Para o presente trabalho, a metodologia adotada consistiu na sistematização de todos os dados coletados, de forma a se obter um posicionamento contra ou a favor da realização de incineração de resíduos no Brasil, com posterior reaproveitamento energético, levando em consideração os cálculos estimados para o potencial energético de uma possível usina em Salvador/BA, assim como as possíveis vantagens e desvantagens que tal processo pode acarretar.

Para isso, inicialmente tornou-se necessária a realização de revisão bibliográfica de trabalhos anteriormente publicados sobre o tema em foco, sendo analisadas tanto publicações que retratam somente sobre o processo de incineração de resíduos, quanto as que abordam a incineração com reaproveitamento energético (em âmbito nacional e internacional). Também foram realizadas consultas em empresas envolvidas com os sistemas de incineração de resíduos.

Em seguida, foi realizado levantamento sobre as principais usinas incineradoras existentes no país, com o intuito de se observar como se dão os seus processos produtivos e saber qual a parcela que representam no panorama nacional de alternativas para tratamento de resíduos.

Para a base de cálculo foi realizado levantamento da quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados no município de Salvador, essencial à verificação do potencial de utilização em processos de incineração com posterior geração de energia elétrica.

Considerou-se os dados fornecidos pela Empresa de Limpeza Urbana de Salvador – LIMPURB (2018), órgão integrante da Prefeitura Municipal do Salvador, por meio dos quais tornou-se possível a observação da quantidade de resíduos coletados no ano de 2017.

Tabela 1 - Quantidades de RSU coletados em Salvador por tipo ano 2017

RESÍDUOS SÓLIDOS COLETADOS POR TIPO					
Mês	Domiciliar	RCC	Feira e Poda	Animais	Total
Jan	71.693,18	67.373,99	359,62	2,86	139.429,65
Fev	63.486,84	57.879,32	307,18	2,59	121.675,93
Mar	72.888,89	66.799,15	302,19	4,25	139.994,48

Abr	68.754,01	65.963,96	337,34	2,64	135.057,95
Mai	75.237,07	67.796,36	214,42	7,85	143.255,70
Jun	70.230,11	65.458,88	236,41	2,61	135.928,01
Jul	75.325,73	68.018,96	203,47	4,83	143.552,99
Ago	73.873,78	65.720,28	665,69	1,98	140.261,73
Set	70.694,49	65.251,39	465,62	39,50	136.451,00
Out	71.750,48	59.437,95	466,30	1,60	131.656,33
Nov	71.759,53	61.943,34	504,28	4,21	134.211,36
Dez	81.401,10	67.636,55	563,62	4,56	149.605,83
Total (t)	867.095,22	779.280,12	4.626,14	79,48	1.651.080,96
%	52,517	47,198	0,280	0,005	100,000
Média/mês	72.257,94	72.257,94	385,51	6,62	137.590,08
Média/dia	2.779,15	2.779,15	14,83	0,25	5.291,93

Levando-se em conta tais informações, pôde-se ter uma base da possível quantidade de energia elétrica produzida, por ano, por meio do processo de incineração dos RSU gerados no Município de Salvador.

Ao final, foi realizada a sistematização de todos os dados coletados e estudados, de forma a se obter um posicionamento contra ou a favor da incineração de resíduos no Brasil com reaproveitamento energético, levando em conta as possíveis vantagens e desvantagens de tal processo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A geração total de resíduos sólidos urbanos no Brasil, em 2016, foi de 78,3 milhões de toneladas, fator que representou uma queda de 2% em relação ao montante gerado em 2015 (ABRELPE, 2017). Quando realizada a comparação entre a quantidade de RSU gerada e coletada, verifica-se que o país contou com um índice de cobertura de coleta de 91%, o que conseqüentemente implica na não coleta de 7 milhões de toneladas de resíduos no país, que tiveram um destino inadequado.

A Figura 1 apresenta a distribuição percentual do total de RSU coletados em 2016 entre as regiões do país (ABRELPE, 2017).

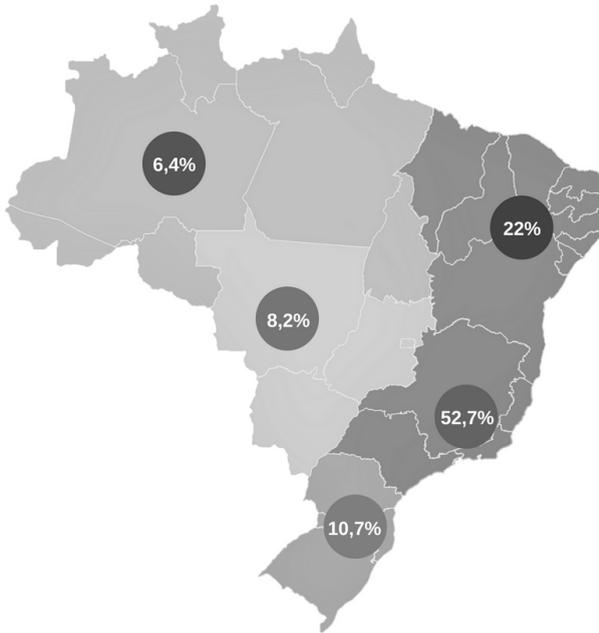


Figura 1 - Participação das regiões brasileiras no total de RSU coletado

Perceptivelmente, a região brasileira com o maior índice de coleta de resíduos é a Sudeste, com mais da metade do percentual coletado no país, enquanto que a região Norte responde por apenas 6,4% do total.

Os resíduos acumulados, especialmente em locais impróprios para a sua disposição, podem provocar impactos no solo, na atmosfera, na vegetação e nos recursos hídricos, ocupando assim, um papel significativo quanto ao saneamento de uma comunidade e aos aspectos relacionados à saúde pública. É válido ressaltar que uma das maiores fontes de gases que provocam o efeito estufa é exatamente a disposição inadequada dos resíduos, que quando amontoados sem nenhum cuidado, emitem grandes quantidades de metano, um gás tóxico e altamente inflamável (SEBRAE-MS, 2012).

Assim, com o crescente avanço das produções industriais e das necessidades em suprir os desejos humanos, a geração dos resíduos industriais, hospitalares e urbanos merece cada vez mais a atenção por parte de especialistas e poder público dos países que se dedicam ao trabalho de melhoria da qualidade ambiental. A Constituição Federal Brasileira, por exemplo, define em seu caput do artigo 225, o compromisso do poder público e da sociedade em proteger os interesses e a condição das futuras gerações, impondo-lhes o dever de proteger o meio ambiente de forma solidária, como condição para a concretização

do direito de todos a um meio ambiente sadio e equilibrado. Além disso, este mesmo artigo, em seu inciso V, prevê que o Poder Público, para assegurar o direito a um meio ambiente equilibrado, deverá “controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente” (BRASIL, 1988).

Diante desse contexto, possíveis alternativas de tratamento e disposição final adequadas dos resíduos devem ser sempre consideradas e empregadas.

Apesar de boa parte dos resíduos coletados serem encaminhados para aterros sanitários, milhares de toneladas diárias são encaminhadas para lixões ou aterros controlados, que diferentemente dos aterros sanitários, não possuem a diversidade de sistemas que possa proteger o meio ambiente contra os possíveis danos e degradações por eles causados.

A incineração de resíduos, muito mal vista durante os seus primeiros passos, devido especialmente à liberação de gases tóxicos durante os processos de combustão e produção de elevado volume de cinzas tóxicas, já não é considerado como um processo tão agressor ao meio ambiente. Tal técnica adota o sistema de aproveitamento do poder calorífico do material combustível presente nos resíduos (MORGADO, 2006), por meio da sua queima para geração de vapor e emprega altas temperaturas para queimar as correntes de resíduos que entram em combustão completa.

Portanto, trata-se de uma técnica que garante o tratamento sanitário e a destruição de componentes orgânicos presentes, eliminando a patogenicidade e periculosidade existentes, além de possibilitar a utilização dos vapores gerados para produção de energia, o que a torna uma técnica aparentemente atraente de ser utilizada em território nacional, apesar do pouco incentivo ainda recebido.

3.1 A incineração

Incinerar consiste em tratar termicamente os resíduos por meio de uma queima realizada por um tempo pré-determinado em altas temperaturas. Logo, trata-se de um processo de redução de peso (até 70%) e volume (até 90%) dos resíduos, por meio de processos de combustão controlada entre 800° e 1000° (BARROS et. al, 2003 apud FREIRE, 2013, p.33), com eliminação das características perigosas e patogênicas presentes.

Justamente, devido a este fator de eliminar características perigosas e patogênicas presentes nos resíduos, é que a incineração surgiu inicialmente, em muitos países, por meio de pequenos fornos hospitalares.

A tendência atual é a de que se utilizem plantas incineradoras não somente para o tratamento térmico de resíduos, como realizado antigamente, mas também para a geração de energia elétrica, que pode ser utilizada na própria planta industrial ou comercializada. Muitos países, geralmente aqueles considerados desenvolvidos, já adotam a prática de forma frequente e natural, muitas vezes impulsionados pelas limitações territoriais de suas nações e pela necessidade de diversificação de suas matrizes energéticas.

Menezes (2000 apud HENRIQUES, 2004: p. 111-112) escreve que a tecnologia de incineração de resíduos sólidos evoluiu ao longo do tempo e que a evolução desse processo pode ser caracterizada por gerações ou estágios de desenvolvimento das plantas de incineração, sendo elas:

1ª Geração (1950 – 1965): a única função das plantas incineradoras era a de realizar redução de volume do chamado lixo. Nessa fase, os gases gerados durante o processo eram diretamente lançados na atmosfera terrestre, sem nenhum tipo de tratamento ou contenção.

2ª Geração (1965 – 1975): fase na qual ocorreu o surgimento dos primeiros sistemas de proteção ao meio ambiente, que reduziram a 100 mg/Nm³ as emissões. Nessa fase também surgiram os primeiros interesses em recuperação do calor para a geração de energia elétrica, assim como as primeiras plantas de grande capacidade.

3ª Geração (1975 – 1990): caracterizada, principalmente nos países desenvolvidos, pelo aumento da performance energética e pelo desenvolvimento de normas para proteção ambiental. Notou-se uma multiplicação das centrais de tratamento com cogeração de energia.

4ª Geração (1990 – atualidade): fase na qual, devido ao aumento das pressões dos chamados movimentos verdes, o tratamento dos gases gerados durante os processos de queima foi sofisticado, de modo a perseguir sempre a meta de emissão zero. Aqui ocorre uma constante sofisticação do pré-tratamento dos resíduos, anterior ao processo de incineração, visando aumentar a sua homogeneização, baixar a umidade e melhorar o poder calorífico, de tal forma que o resíduo incinerado chegue o mais próximo possível de um combustível de alta qualidade.

Por meio da 4ª geração, torna-se possível observar que a análise do poder calorífico de um resíduo é importante para a avaliação da sua capacidade de queima e da consequente qualidade da geração de energia. Segundo Vieira (2012), a definição de poder calorífico pode ser expressa de duas maneiras:

PCS – Poder Calorífico Superior → Trata-se da quantidade total de energia contida em um combustível ou resíduo e que é liberada a partir da sua respectiva queima. Uma parte dessa energia é utilizada para

vaporização da água existente no resíduo ou mesmo para aquela formada durante o processo de combustão.

PCI – Poder Calorífico Inferior → Trata-se da quantidade de energia útil contida em um combustível ou resíduo, após a vaporização da água existente no resíduo, ou formada durante o processo de combustão. Trata-se da energia que poderá ser efetivamente utilizada a partir do gás de combustão e que deve ser levada em consideração para formação dos balanços de energia.

O poder calorífico de um resíduo depende da sua composição e pode ser calculado por meio de diferentes fórmulas. Com a quantidade de resíduos conhecida, e o valor do poder calorífico dos resíduos também conhecido, é possível dimensionar o tamanho do incinerador e o respectivo sistema de tratamento para o gás de combustão (VIEIRA, 2012).

Ao considerar o método de incineração para produzir energia elétrica, os resíduos sólidos urbanos (RSU), como um todo, mostram-se atrativos para serem utilizados no processo, e isso se deve ao fato de haver quantidades diárias significativas, geradas tanto em pequenas quanto em grandes cidades pelo mundo. A incineração torna-se mais eficiente se ocorrer um tratamento prévio do chamado resíduo urbano, visando à retirada de metais, vidros, e principalmente redução da matéria orgânica úmida. Ou seja, a recuperação energética torna-se mais viável se ocorrer uma triagem prévia e separação dos RSU não combustíveis, o que possibilita o desenvolvimento de toda a cadeia de coleta seletiva, incluindo a geração de empregos diretos e indiretos (MACHADO, 2015). Talvez esse seja um problema para o Brasil, pois, em muitas das vezes, não existe uma coleta seletiva e um gerenciamento que possibilite a separação e triagem dos resíduos.

Apesar de ainda ser taxada como uma opção cara e poluente, os aspectos positivos da recuperação energética, aliada aos modernos equipamentos retentores de gases e partículas poluentes, podem ajudar a diminuir a rejeição e colocar tal técnica como possibilidade frente a outros métodos de disposição de resíduos e de geração de energia geralmente mais usuais.

3.2 Processo da incineração de resíduos sólidos urbanos visando produção de energia elétrica

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2008), as instalações conhecidas como *Wasteto Energy* (WtE) são aquelas que utilizam a incineração de RSU para produzir o vapor que irá gerar energia elétrica ou será usado diretamente em processos industriais. Esse processo é semelhante ao de usinas térmicas convencionais

de ciclo Rankine e a capacidade de geração depende diretamente da eficiência da transformação do calor em energia elétrica e do poder calorífico do material incinerado.

A parte principal de um processo de incineração consiste normalmente em dois estágios. A princípio, o resíduo colocado na câmara primária é queimado com uma temperatura suficientemente alta para que as substâncias se tornem gases e/ou assumam a forma de pequenas partículas. Em todas as configurações, observa-se que a alimentação de oxigênio nessa câmara é sub-estequiométrica, evitando-se assim, gradientes elevados de temperatura, sendo válido ressaltar que, nestas condições controladas, evita-se também a volatilização de diversos metais presentes (cádmio, chumbo, mercúrio, entre outros), além de minimizar a formação de óxidos nitrosos que surgem quando submetido a temperaturas elevadas (MORGADO, 2006).

Os gases que são gerados na câmara primária são encaminhados para a câmara secundária, onde a mistura dos gases e partículas são submetidas a uma temperatura mais elevada para que haja combustão completa, com tempo de residência representativo dos sólidos de 30 minutos para o primeiro estágio e 2 a 3 segundos para a combustão da fumaça no segundo estágio (ARANDA, 2001). Neste caso, a atmosfera apresenta-se altamente oxidante e a temperatura de projeto varia normalmente entre 800°C e 1400°C, sendo considerado que nesta temperatura a probabilidade de existência de moléculas com grande número de átomos, como dioxinas e furanos, é praticamente nula.

A Figura 2 apresenta o modo de funcionamento de um incinerador de resíduos sólidos urbanos (ARANDA, 2001 apud MORGADO, 2006, p. 7).

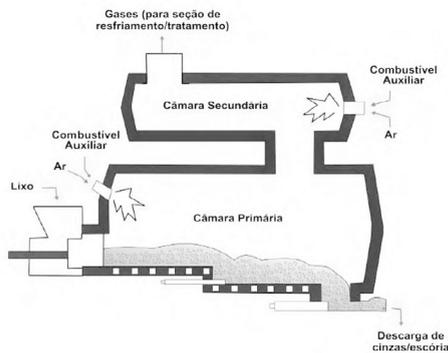


Figura 2 - Funcionamento de um Incinerador de RSU

Os gases provenientes desta segunda etapa passam por um sistema de redução ou eliminação da poluição, que consiste em diversos estágios, antes de serem lançados para a atmosfera pelas chaminés (BRITO, 2013).

Em usinas que contemplam a recuperação energética, a energia pode ser recuperada na forma de vapor saturado ou vapor superaquecido, gerados durante o processo. Os gases da câmara secundária são encaminhados para uma caldeira de recuperação de calor, que gerará vapor d'água usado para movimentar um conjunto de turbo-gerador.

3.3 Possíveis impactos sociais e ambientais advindos da incineração de RSU para produção de energia

Ao se analisar os possíveis impactos relacionados à implantação de uma usina de incineração de resíduos sólidos urbanos, deve ser observado um conjunto de fatores que proporcionem uma devida adequação social e ambiental, a exemplo da localidade, população, fontes de combustível (nesse caso, os próprios RSU), aterros sanitários para o descarte das cinzas e escórias resultantes, características bióticas e abióticas (especialmente àquelas relacionadas à dispersão atmosférica), dentre outros fatores.

A probabilidade de instalação de uma usina de incineração de resíduos geralmente se dá no entorno de centros urbanos e isso se deve à proximidade da localização na qual são provenientes boa parte destes resíduos, o que favorece a logística do gerenciamento desde a etapa da coleta até a destinação final. Sendo assim, muitos impactos, sejam eles negativos ou positivos, ambientais ou sociais, podem ser acarretados neste ambiente.

Com relação aos impactos negativos, sabe-se que em uma unidade incineradora de resíduos sólidos podem ocorrer emissões relacionadas à descarga de efluentes ácidos e/ou alcalinos, produção de cinzas tóxicas (que necessitarão de áreas para serem dispostas), escórias resultantes do forno de incineração (geralmente compostos por materiais inertes, inorgânicos e metais), além das próprias emissões de poluentes por meio das chaminés, constituídas em sua maior parte por gases como o gás carbônico (CO₂), óxidos de nitrogênio (NOx), óxidos de enxofre (SOx) e material particulado (MP). E em menores concentrações dos chamados gases ácidos, como o ácido clorídrico e ácido fluorídrico, assim como os associados aos materiais particulados e aos produtos resultantes da combustão incompleta, como dioxinas, furanos, hidrocarbonetos, monóxidos de carbono (CO), dentre outros (CAIXETA, 2005).

São as emissões de poluentes atmosféricos as que mais chamam a atenção da sociedade civil, embora as outras possíveis formas de poluição sejam tão importantes quanto. Inúmeros impactos negativos podem ser provocados, tanto à população quanto ao ambiente, oriundos de possível poluição atmosférica ocasionada por emissões de gases tóxicos e materiais particulados. Dioxinas e furanos, por exemplo, são compostos considerados altamente tóxicos e extremamente persistentes. A exposição humana a altos níveis de dioxinas e furanos por curto prazo de tempo pode resultar em lesões na pele (como cloracne) e alterações no fígado, sendo que a exposição crônica às dioxinas está associada ainda a danos aos sistemas imunológico, nervoso, endócrino e funções reprodutivas (CETESB, 2002). No caso de concentrações elevadas, as crianças expostas aos PCBs e as dioxinas podem apresentar tanto a cloracne quanto deficiência na mineralização dos dentes, perturbações no comportamento, atrasos no desenvolvimento, perda de audição, dentre outros sintomas provocados por esta exposição.

Demais poluentes atmosféricos passíveis de serem lançados pelas chaminés de uma usina incineradora também podem acarretar consequências graves à saúde da população, afetando-a de forma negativa.

Importante ressaltar que os padrões primários e secundários de qualidade do ar previstos no Programa Nacional de Qualidade do Ar – PRONAR são definidos por meio da Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990. Nela, são estabelecidos limites máximos para Partículas Totais em Suspensão, Fumaça, Partículas Inaláveis, Dióxido de Enxofre, Monóxido de Carbono, Ozônio e Dióxido de Nitrogênio (BRASIL, 1990). Assim como a Resolução CONAMA nº 316, de 29 de outubro de 2002, que dispõe sobre o tratamento térmico de resíduos, e que estabelece os limites máximos para emissão de poluentes atmosféricos, em seu artigo 38, inciso III, a exemplo das dioxinas e furanos com limite máximo de $0,50 \text{ ng/Nm}^3$ (BRASIL, 2002).

São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral (BRASIL, 1990).

No caso do meio natural, os compostos emitidos durante os processos de incineração também podem provocar diversos fatores negativos. Alguns destes poluentes possuem certa facilidade em se disseminar pelo ambiente e, uma vez dispersos na atmosfera, poderão se associar a diversos outros compostos, materiais particulados ou até mesmo se manter sob a forma de vapor. Como é de se esperar, tais poluentes podem ser depositados em solos ou corpos hídricos adjacentes, o que pode acarretar certo desequilíbrio dentre as espécies ali

residentes. Fenômenos como Efeito Estufa, Aquecimento Global e Chuva Ácida também podem ser agravados devido às emissões de poluentes atmosféricos pelas usinas incineradoras, caso as medidas de controle não sejam adotadas eficientemente.

Já dentre os impactos sociais positivos advindos da incineração de resíduos com reaproveitamento energético, pode-se citar o emprego de mão-de-obra local, o que conseqüentemente ocasiona impulso da economia regional, além da realização do tratamento dos resíduos, que não ficarão dispostos em locais inadequados. Uma usina incineradora de RSU que visa à produção de energia elétrica pode ainda trazer o efeito de impulsionar trabalhos de coleta seletiva na região, visto que esta contribui para a retirada de materiais que podem dificultar e retardar o processo de incineração.

A incineração de RSU com geração de energia elétrica também pode ser relacionada com impactos ambientais positivos, uma vez que, na inexistência de sistemas de disposição final adequados, evita-se que o chorume fique percolando pelo solo dos lixões a céu aberto, assim como que o metano escape para a atmosfera.

3.4 Equipamentos de Controle dos Gases

Inicialmente, o surgimento do processo de incineração como forma de tratamento térmico de resíduos apresentava-se como efetivamente poluidor, principalmente por meio dos gases liberados deliberadamente durante os processos de queima. Esse foi um dos principais motivos que ajudaram a trazer uma má reputação a esse tipo de tecnologia. Observa-se que, apesar das novas plantas industriais trazerem o que há de melhor para o controle dos gases gerados durante o processo, de modo que venham a atender aos padrões estabelecidos pelas legislações, alguns poluentes ainda são gerados, havendo necessidade de tratamento para o melhor controle e adequação ambiental e social.

Os principais compostos que podem ser gerados nos processos de queima durante a incineração de resíduos são as dioxinas e os furanos, que mesmo nas melhores situações de operação, ainda podem ser formados sob a condição de traços nas correntes gasosas, por meio, por exemplo, de precursores como os PCB (Bifenilas Policloradas), que são compostos organoclorados. Quando tais precursores não são destruídos, eles tendem a se instalar nas zonas pós-queima (como na seção de resfriamento, lavagem dos gases exaustos e absorção), podendo contribuir então para a formação das dioxinas e dos furanos. Essa situação pode se agravar ainda mais quando se aplica excesso de ar na queima, que provocam um aumento nas taxas de projeção de material particulado para outros sistemas utilizados na incineração.

Além de possibilitar a redução do tempo de residência dos gases, favorecendo a uma menor destruição térmica dos resíduos.

O tratamento dos gases envolve tanto processos físicos quanto químicos, havendo grande variedade de opções de conformação e equipamentos. Os sistemas de controle de emissões atmosféricas adotados nas unidades de incineração levam em consideração alguns fatores importantes, tais como: características dos resíduos a serem incinerados, concentração e dimensão do material particulado, teor de umidade do gás de combustão e do ar alimentado, eficiência e a vazão do gás de combustão, dentre outros aspectos.

A Tabela 2, adaptada de Filho (2008), apresenta uma síntese de algumas das tecnologias utilizadas para controle das emissões provenientes da incineração de resíduos sólidos urbanos.

Tabela 2 - Tecnologias para a redução das emissões provenientes da incineração

Poluente	Opções tecnológicas de controle
Material Particulado	Centrifugação; precipitação eletrostática; filtração ou lavagem (lavador úmido)
Ácido Clorídrico (HCl)	Lavagem através do lavrador úmido
Ácido Fluorídrico (HF)	Lavagem (lavador semi-seco)
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Lavagem (lavador úmido ou seco)
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	Redução catalítica ou não catalítica
Mercúrio (Hg), cádmio (Cd), chumbo (Pb)	Igual a material particulado
Outros metais pesados	Igual a material particulado
Bifenóis policlorados	Lavagem (lavador semi-seco ou seco)
Dioxinas e furanos	Igual ao material particulado ou a bifenóis policlorados

É possível observar que para a maioria dos tipos de poluentes, as opções tecnológicas mais frequentemente utilizadas se baseiam na utilização de precipitadores eletrostáticos, realização de centrifugação, filtração e lavagem. No entanto, é importante destacar que tão importante quanto os equipamentos de controle de poluição (ECP) são os monitoramentos das emissões gasosas realizados pelos órgãos ambientais competentes.

3.5 Legislação Aplicada

A legislação ambiental brasileira acaba influenciando no processo produtivo das usinas incineradoras de RSU em várias vertentes, como a fixação de limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos, a necessidade de disposição final adequada das cinzas geradas durante o processo de queima e do tratamento dos efluentes gerados, passando pelos procedimentos e critérios necessários para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.

A seguir, serão apresentadas, brevemente, leis e resoluções que, de alguma forma, influenciam nos meios de operação e controle dos processos produtivos de unidades incineradoras:

3.5.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS

A legislação ambiental brasileira para RSU avançou significativamente com a publicação da PNRS no ano de 2010, após mais de vinte e um anos de discussão e espera no Congresso Nacional. O país passou a ter uma regulamentação no setor de resíduos sólidos por meio de uma lei que expõe claramente a diferença entre resíduo (passível de reaproveitamento) e rejeito (não passível de reaproveitamento), além de sugerir formas de gestão e responsabilidade compartilhada e incentivar formas de consumo sustentável.

Instituída em 2 de agosto de 2010, sob a forma da Lei nº 12.305, a PNRS estabelece, dentre outras coisas, sobre o direcionamento para a recuperação energética dos gases gerados por meio das unidades de disposição final de resíduos sólidos. Já seu artigo 7º, inciso XIV, objetiva incentivar o desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos (incluindo a recuperação e o aproveitamento energético).

Esclarece também, por meio do artigo 9º, sobre o possível uso de tecnologias que visem à recuperação de energia dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e mediante implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos, aprovado pelo órgão ambiental. Os artigos 15º e 17º, ambos no inciso IV, determinam ainda o estabelecimento de metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de tratamento de resíduos sólidos, o que acaba influenciando diretamente as usinas incineradoras, que devem seguir estas diretrizes adotadas pela PNRS, assim como outras leis, normas e resoluções pertinentes.

3.5.2 Resolução CONAMA nº 316, de 29 de outubro de 2002

Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Dessa forma, trata-se de uma resolução em que é estabelecido um direcionamento de quais os métodos que os processos de tratamento térmico de resíduos devem adotar para a sua adequação perante o que é permissível nas legislações vigentes no Brasil. São descritos métodos para resíduos industriais, de serviços de saúde e urbanos.

Como o foco deste trabalho está relacionado ao tratamento térmico dos RSU, pode-se destacar os seguintes artigos desta resolução:

Art. 22. O sistema de tratamento térmico de resíduos de origem urbana, ao ser implantado, deve atender os seguintes condicionantes, sem prejuízo de outras exigências estabelecidas no procedimento de licenciamento e legislações complementares:

I – área coberta para o recebimento de resíduos;

II – sistema de coleta e tratamento adequado do chorume.

Art. 23. Os resíduos de origem urbana, recebidos pelo sistema de tratamento térmico, deverão ter registro das informações relativas à área de origem e quantidade.

Parágrafo único. As câmaras deverão operar à temperatura mínima de oitocentos graus Celsius, e o tempo de residência do resíduo em seu interior não poderá ser inferior a um segundo.

Art. 24. A implantação do sistema de tratamento térmico de resíduos de origem urbana deve ser precedida da implementação de um programa de segregação de resíduos, em ação integrada com os responsáveis pelo sistema de coleta e de tratamento térmico, para fins de reciclagem ou reaproveitamento, de acordo com os planos municipais de resíduos (BRASIL, 2002).

Nesta mesma resolução, o artigo 27º evidencia que todo e qualquer sistema de tratamento deve possuir unidades de recepção, armazenamento, alimentação, tratamento das emissões de gases e partículas, tratamento de efluentes líquidos, tratamento de cinzas e escórias. Outro importante artigo a se retratar é o 33º, que descreve sobre a

necessidade de realização de um teste de queima, por meio do qual medições são realizadas na unidade operacional com o objetivo de avaliar a compatibilidade das condições de operação do sistema de tratamento térmico com o atendimento aos limites de emissões definidos, tanto pela própria resolução, como a das exigências estabelecidas pelo órgão ambiental competente, e podendo o órgão, por exemplo, restringir os limites estabelecidos, a depender das condições do local e do padrão de qualidade do ar da região, como descrito no artigo 38°, inciso III (Gases), parágrafo 3°.

3.5.3 Resolução CONAMA n° 382, de 26 de dezembro de 2006

Complementada pela Resolução n° 436, de 22 de dezembro de 2011, estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Como descrito em seu artigo 1°, parágrafo único, os limites máximos são fixados por poluente e por tipologia de fonte, conforme estabelecido por meio de seus anexos.

Dentre os treze anexos que a constituem, o V trata sobre os limites de emissão para poluentes atmosféricos gerados por turbinas destinadas à geração de energia elétrica, movidas à gás natural ou combustíveis líquidos, em ciclos simples ou ciclo combinado, sem queima suplementar e com potência elétrica acima de 100 MW. Caso a somatória total de geração de energia por empreendimento seja superior a 100 MW, os limites são requeridos para cada turbina individualmente, independente da capacidade de geração.

Em eventual ocorrência de duas ou mais fontes cujo lançamento final seja efetuado em duto ou chaminé comum, as medições devem ser feitas individualmente. Na impossibilidade da realização dessas medições individuais, poderão, então, ser realizadas medições no duto ou chaminé comum, e os limites ponderados individualmente.

3.5.4 Resolução CONAMA n° 436, de 22 de dezembro de 2011

Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedidos de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. Assim como na Resolução CONAMA n° 382, o anexo V, aborda os limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de turbinas a gás para geração de energia elétrica.

Na ocorrência de turbinas a gás com capacidade menor que

100 MWe, mas que estejam localizadas em empreendimentos nos quais a somatória total da energia for superior a esses 100 MWe, outros limites de emissão são adotados.

Havendo operação das máquinas em capacidade inferior a 70% da potência nominal, os limites de emissão deverão atender, no mínimo, aqueles que foram previamente especificados pelos fabricantes para essas condições.

4. UTILIZAÇÃO DE RSU PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

Segundo Menezes (2000) o primeiro incinerador municipal surgiu em 1896, na cidade de Manaus, com capacidade para processar cerca de 60 toneladas de lixo doméstico por dia, com desativação realizada somente no ano de 1958, devido a problemas de manutenção. Diversos outros equipamentos foram sendo instalados, desinstalados ou demolidos desde este período, especialmente nas regiões de São Paulo, Belém e até mesmo no Rio de Janeiro, onde foram implantados incineradores residenciais prediais a partir de 1950, com o surgimento da construção de prédios de vários andares. No entanto, esses equipamentos foram banidos em meados dos anos de 1969 e 1970, por serem considerados verdadeiros sistemas de queimar resíduos sem controle (RIGATO, 2008).

Ainda são poucos os incineradores utilizados no país com grandes capacidades de tratamento dos resíduos. O Brasil se caracteriza pela existência de plantas de porte muito pequeno, com capacidades inferiores a 100 kg/h, instalados principalmente em hospitais (UIEDA, 2009). Pode-se considerar que um dos motivos, pelo qual existe essa ausência, está baseado nas desativações de equipamentos por falta de manutenção adequada ou por incinerarem de forma precária, fugindo dos padrões de emissões estabelecidos em lei, atualmente mais restritivos em algumas regiões do país.

Enquanto a tendência mundial é pelo aproveitamento cada vez mais constante dos resíduos sólidos urbanos também para a geração de energia, no Brasil não existem projetos representativos que promovam ações de reaproveitamento e reciclagem, ou do uso de biogás e do “lixo” em termelétricas. Menezes et al. (2000 apud CAIXETA, 2005, p. 26) atentam ao fato de que tal aproveitamento contribuiria para equacionar dois problemas atuais: o ambiental, com o tratamento dos resíduos, e o de geração de energia.

Esta realidade continua a apresentar-se mesmo após publicação da PNRS, no ano de 2010, que coloca como destinação final

ambientalmente adequada, a “destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético, ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes” (BRASIL, 2010). Ou seja, inclui o tratamento térmico de resíduos com posterior aproveitamento energético dentro de um contexto macro de gerenciamento.

Um caso a parte foi à instalação da planta-piloto da Usina Verde, no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, com capacidade nominal para tratar 30 toneladas diárias de resíduos sólidos com geração de energia elétrica. Vista como um modelo, essa usina é utilizada para atender grandes geradores de resíduos sólidos do Rio de Janeiro e procura demonstrar seus processos para interessados em replicar Usinas de Recuperação Energética - URE e para os demais envolvidos em processos de gerenciamento de resíduos sólidos.

Outra URE que passará a funcionar no país é a de Barueri, localizada na microrregião de Osasco, que terá capacidade para tratar 825 toneladas de resíduos sólidos por dia e gerar cerca de 20 MWh de energia já no início de sua operação.

Diante dos problemas que assolam a matriz energética nacional, Unidades de Recuperação Energética como a Usina Verde e a Barueri, apresentam-se como uma alternativa para diversificação das formas nas quais se dão o processo de geração de energia elétrica no país, ainda dependente em grande parte das hidrelétricas que, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, são responsáveis por 60,3% da energia elétrica gerada em território nacional, enquanto que na Bahia este percentual diminui para 53,6% (ANEEL, 2018).

Assim sendo, a aplicação de URE por meio da queima de resíduos passa a ganhar defensores e despontar como alternativa de geração de energia elétrica, pois, ajuda a resolver dois problemas atuais, sendo eles: o tratamento dos resíduos e a crise energética no país. Entretanto, para sua maior eficiência, será necessário realizar todo um estudo da composição do resíduo sólido urbano brasileiro, que ainda se apresenta, em grande parte, orgânico e úmido.

Menezes (2000 apud LEME, 2010, p. 19) relata que a tecnologia atualmente disponível para projeto de incineradores prevê a geração de até 0,95 MWh/t de resíduo sólido urbano processado, ao passo que a grande maioria dos sistemas instalados gera de 0,4 a 0,95 MWh/t e que a experiência atual indica que a geração de energia elétrica se torna rentável em instalações com capacidades de processamento acima de 250 t/dia. Abaixo dessa capacidade, a energia normalmente é aproveitada apenas para uso da própria usina.

Dessa forma, uma usina incineradora de resíduos sólidos urbanos com posterior geração de energia elétrica deve localizar-se em local estratégico, onde exista quantidade expressiva desses resíduos gerados diariamente e facilidade de logística e transporte, além de outros fatores a serem analisados antes da instalação. Para uma usina ser considerada tecnicamente viável, por exemplo, o PCI do montante de resíduos incinerado não pode ser inferior a 1.675 Kcal/kg (EPE, 2008 apud ITÔ, 2014, p. 19).

5. ANÁLISE PRELIMINAR DO POTENCIAL SOTEROPO-LITANO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DA INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS

Segundo dados fornecidos pela LIMPURB e apresentados em Tabela 1, os Resíduos Sólidos Domiciliares – RSD e os Resíduos de Construção Civil – RCC corresponderam à maior quantidade de resíduos coletada mensalmente, seguidos, em respectiva ordem, por aqueles provenientes de Feira e Poda e de Animais Mortos. Entretanto, para efeito de cálculo foi considerado somente o total de RSD coletados (2.779,15 t/dia).

O cálculo elaborado foi baseado somente na média total de RSD coletados diariamente no Município (2.779,15 t/dia) e a eficiência de 0,5 MWh/t, chegando aos seguintes resultados:

$$2.779,15 \text{ t/dia} \cdot 0,5 \text{ MWh/t} = 1.389,58 \text{ MWh/dia} \quad (1)$$

$$1.389,58 \text{ MWh/dia} \cdot 365 \text{ dias} = 507.196,7 \text{ MWh/ano} \quad (2)$$

O que equivale a aproximadamente 507,2 GWh/ano.

Relembrando Menezes (2000 apud LEME, 2010, p. 19), sabe-se que a experiência atual indica que a geração de energia elétrica se torna rentável em instalações com capacidades de processamento acima de 250 t/dia e que abaixo disso, a energia é normalmente aproveitada apenas para uso da própria usina.

No caso específico da capital baiana, uma planta com a capacidade de processamento de 2.779,15 t/dia (total de resíduos sólidos domiciliares coletados no ano de 2017), abatidos os 125 MWh/dia necessários ao seu próprio uso (250 t/dia de resíduos), geraria uma energia excedente rentável de cerca de 1.264,58 MWh/dia, e mensal de cerca de 37.937,4 MWh, o suficiente para abastecer aproximadamente 237 mil residências soteropolitanas mensalmente, uma vez que o consumo médio do brasileiro é de 159,8 kWh/mês por residência (EPE, 2014).

Faz-se necessário salientar que este é um cálculo estimado, realizado de uma maneira superficial e que não leva em conta todos os aspectos relacionados ao poder calorífico médio do resíduo gerado pelas famílias brasileiras, crescimento da população sob a área de influência do estudo, variação da composição do RSU por meio do tempo, dentre outros aspectos.

Destaca-se ainda que a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, em sua redação, define que a destinação final ambientalmente adequada pressupõe-se pela “destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético”, ou seja, deve-se primeiramente atentar para a reutilização e a reciclagem dos resíduos gerados, para, a partir deste ponto, pensar em técnicas de compostagem, recuperação e aproveitamento energético.

Dentro desse contexto, Machado et. al (2010 apud SANTOS, 2011, p. 111) relatam que a composição gravimétrica dos resíduos dispostos no Aterro Metropolitano Centro - AMC, localizado na Região Metropolitana de Salvador, e coletados em diferentes épocas do ano, em bases seca e úmida, apresentou maior porcentagem de ocorrência de fração pastosa, seguida por resíduos do tipo plástico, papel e papelão.

Tabela 3 - Composição gravimétrica dos RN coletados em diferentes épocas

		Porcentagem de Ocorrência (%)								
Resíduos / Componentes		Madeira	Pedra / cerâmica	Têxtil	Borracha	Plástico	Vidro	Metal	Papel / papelão	Fração pastosa
RN01/04	BS	1,51	6,01	4,28	0,04	25,51	3,60	3,58	19,78	35,68
	BW	1,09	3,38	4,72	0,03	21,40	1,83	2,10	19,08	46,38
RN09/04	BS	1,89	14,41	2,25	0,42	24,22	2,93	2,35	15,12	36,41
	BW	1,82	9,43	2,51	0,26	22,08	1,63	1,43	20,30	40,53
RN03/09	BS	11,87	11,64	4,48	0,40	16,28	1,41	1,19	19,21	33,52
	BW	5,01	7,19	5,70	1,43	20,33	4,54	3,26	21,87	30,67
RN09/09	BS	8,42	4,19	5,10	0,87	18,20	0,35	2,03	24,31	36,53
	BW	7,57	7,56	4,67	2,34	25,19	1,66	1,83	20,26	28,92
RN03/10	BS	6,71	3,80	4,94	1,37	20,16	1,78	0,93	24,48	35,83
	BW	5,73	9,70	3,81	0,61	20,96	3,44	2,54	17,80	35,41
Média	BS	5,31	5,72	4,25	0,37	18,85	1,66	1,45	20,07	42,32
	BW	2,82	5,50	1,77	0,68	4,76	1,48	1,20	4,93	6,34
Desvio padrão	BS	2,83	3,72	2,16	0,40	3,84	0,72	0,70	4,30	7,23
	BW	0,49	0,57	0,46	1,13	0,23	0,43	0,47	0,28	0,18
Coeficiente de variação	BS	0,62	0,65	0,51	1,07	0,20	0,44	0,48	0,21	0,17
	BW									

A coleta seletiva na capital baiana, fundamental para uma melhor eficiência do processo produtivo de unidade incineradora, assim como contribuinte fundamental para o aumento do PCI do resíduo incinerado, ainda não é feita de forma representativa. Machado et. al (2010 apud SANTOS, 2011, p. 111) ao apresentarem a composição gravimétrica realizada perante resíduos dispostos no Aterro Metropolitano Centro, somente reforçam tal afirmação, haja visto o fato de que é indiscutível o expressivo percentual de materiais passíveis de reutilização e/ou reciclagem encontrados.

No Brasil, conforme dados da ABRELPE (2017), cerca de 69,6% dos municípios registraram alguma iniciativa de coleta seletiva durante o ano de 2016 (Figura 3), com uma evolução, ainda que tímida, na quantidade total de municípios detentores de iniciativas de coleta seletiva pelo país (Figura 4). Tal percentual, porém, não deve conjecturar em um país líder em sustentabilidade, devido ao fato de que estas iniciativas ainda atingem uma parcela pequena da população.

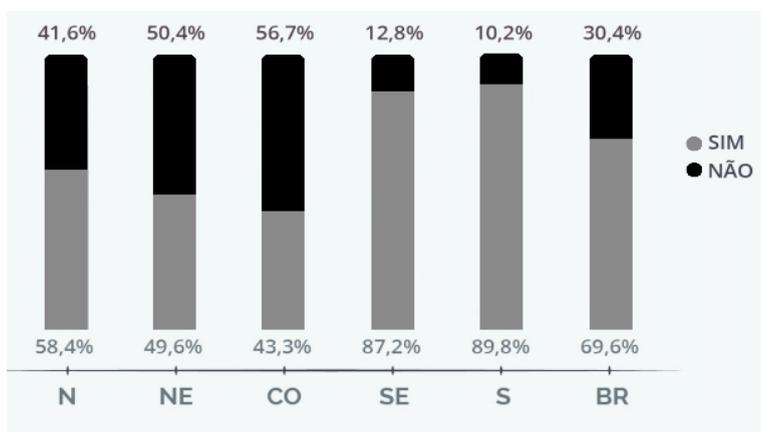


Figura 3 - Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva

Região	Norte		Nordeste		Centro-Oeste		Sudeste		Sul		Brasil	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Sim	258	263	884	889	200	202	1.450	1.454	1.067	1.070	3.859	3.878
Não	192	187	910	905	267	265	218	214	124	121	1.711	1.692

Figura 4 - Quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil – 2015 e 2016

Logo, verifica-se que, apesar da importância da existência de uma parceria entre as associações e/ou cooperativas de coleta seletiva, o que facilitaria um maior aproveitamento energético e eficiência das atividades de incineração, essa possível união ainda encontra-se limitada, tanto em Salvador quanto no restante do país.

6. CONCLUSÃO

A incineração de resíduos sólidos urbanos com posterior geração de energia elétrica, foco de estudo deste trabalho, apresenta-se como uma técnica atrativa a ser utilizada, principalmente em países com pequenas extensões territoriais e que não dispõem de grandes áreas para instalação de aterros, além de países que apresentam baixa quantidade de matéria orgânica úmida na composição dos resíduos domésticos coletados.

No Brasil, apesar das toneladas de RSU geradas e coletadas diariamente, a técnica ainda não é desenvolvida. A significativa porcentagem de matéria orgânica úmida encontrada no resíduo sólido urbano se apresenta como um fator limitante para a implantação de URE no território nacional, visto que influi diretamente no PCI do material incinerado. No país, a única usina incineradora de resíduos com posterior geração de energia em funcionamento é a Usina Verde, instalada no estado do Rio de Janeiro e com capacidade nominal para tratar 30 toneladas diárias de resíduos sólidos com geração de energia elétrica.

Outro fator limitante no que tange a adoção da incineração de resíduos, aliada a um posterior sistema para seu aproveitamento energético, é a pouca realização da coleta seletiva. Sabe-se que para o aumento da eficiência de uma usina incineradora é necessária a segregação dos resíduos provenientes do ambiente urbano, visto a diversidade de compostos existentes.

A coleta seletiva ainda atua de forma incipiente no país, principalmente se comparada à quantidade diária de resíduos que é gerada; o que até poderá ser revertido, visto que uma das possíveis contribuições da entrada de URE no país seria o aumento da fiscalização, do monitoramento, do controle e da gestão dos resíduos, não só para a operação contínua da atividade, mas também pela própria conscientização da sociedade.

Esse fator está intimamente ligado ao processo de implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, que indica uma abordagem simultaneamente ambiental, econômica e social para os resíduos.

Em análise preliminar, simples e baseada na literatura, Salvador apresentou um potencial de geração de 507,2 GWh/ano por meio da operação de URE. Isto é o suficiente para abastecer com energia elétrica cerca de 237 mil residências soteropolitanas mensalmente, levando em consideração que o brasileiro consome 159,8 kWh mensais por residência e que uma usina se torna rentável, do ponto de vista de venda da energia, a partir da incineração de 250 ton/dia. Fator este que poderia auxiliar na diversificação das fontes geradoras de energia elétrica, ainda dependente, em grande parte, pelas hidrelétricas.

Entretanto, após levar em consideração todos os aspectos mencionados acima, constata-se que no Brasil, mais precisamente na região soteropolitana, até o presente momento esse contexto não seria aplicável. Muitos são os entraves ainda existentes, especialmente quando relacionados aos costumes e hábitos da sociedade, acostumada há anos com a disposição inadequada dos RSU, a não habitual realização de coleta seletiva em suas residências, o crescimento e propagação dos aterros sanitários, os possíveis impactos ambientais adversos, apesar do avanço da legislação relacionada ao tema, assim

como a geração histórica de energia elétrica por meio das usinas hidrelétricas, como a de Itaipu.

Dentre os entraves, destaca-se também a defesa, por parte da sociedade, da inviabilidade do uso da incineração para a realização do conjunto de objetivos propostos pela PNRS, sendo esse um fator considerado relevante para as mobilizações das cooperativas realizadas nas Conferências Nacionais de Meio Ambiente, cujo intuito é restringir e/ou proibir toda e qualquer incineração de resíduos, propondo para isso a criação de novas leis ou mudanças na própria redação da Lei nº 12.305/2010.

Portanto, é possível perceber a necessidade de um maior investimento em ações de conscientização da população, que deve ser estimulada a realizar a coleta seletiva dos materiais a partir de suas próprias residências ou condomínios e conjuntos habitacionais. Mas, para isso, os governantes também devem fazer a sua parte, desenvolvendo e financiando programas de incentivo à criação de cooperativas de reciclagem e reutilização de materiais recicláveis, de forma que o volume de toneladas destinadas aos aterros sanitários seja cada vez menor e o valor agregado dos resíduos cada vez mais aproveitados.

Para estudos futuros, sugere-se a realização de melhor análise do poder calorífico inferior dos principais resíduos encontrados na capital baiana, de modo que seja apresentado um resultado mais fiel do potencial de geração de energia elétrica a partir da incineração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, M. A. O Princípio da Responsabilidade Compartilhada pelo Ciclo de Vida dos Produtos na Tutela do Meio Ambiente. 2015. 72 p. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Escola de Ciências Jurídicas, Rio de Janeiro, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Capacidade de Geração no Brasil. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

ARANDA, D. A. G.; RAMOS, A. L. D.; NOVA, G. D.; MARTINS, B. B. Catalisadores para tratamento de gases tóxicos provenientes de incineração de lixo. In: XI Congresso Brasileiro de Catálise, Anais... Bento Gonçalves. IBP, 2001.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016. São Paulo: ABRELPE, 2017.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988.

_____. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Seção 1, p. 3.

_____. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Resolução CONAMA nº 003, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil de 22 de agosto de 1990. Poder Executivo, Brasília, DF, 1990, p. 15937-15939.

_____. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Resolução CONAMA nº 316, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil de 20 de novembro de 2002. Poder Executivo, Brasília, DF, 2002, p. 92-95.

_____. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil de 02 de janeiro de 2007. Poder Executivo, Brasília, DF, 2007, p. 131-137.

_____. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Resolução CONAMA nº 436, de 22 de dezembro de 2011. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil de 26 de dezembro de 2011. Poder Executivo, Brasília, DF, 2011, p. 304-311.

BRITO, A. P. Análise Econômica Preliminar da Implantação de Incinerador de Resíduos Sólidos Urbanos na Região de Bauru. 2013. 105 p. Dissertação (Pós – graduação) – Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho. Baurú, 2013.

CAIXETA, D. M. Geração de Energia Elétrica a partir da Incineração de Lixo Urbano: O Caso de Campo Grande/MS. 2005. 86 p. Dissertação (Pós – graduação) – Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável. Brasília, 2005.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Dióxinas e Furanos. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Dioxinas-e-furanos.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2015.

EMPRESA DE LIMPEZA URBANA DE SALVADOR - LIMPURB (Bahia). Secretaria Municipal de Ordem Pública - SEMOP. Relatório Anual de Gestão. Salvador, 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Ministério de Minas e Energia. Nota Técnica DEN 06/08: Avaliação Preliminar do Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campo Grande, MS. Rio de Janeiro, 2008, 73 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2017, 232 p.

FILHO, J. A. P. Viabilidade Energética e Econômica da Incineração de Resíduo Sólido Urbano Considerando a Segregação para Reciclagem. 2008. 119 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Bauri, 2008.

FREIRE, M. L. Estudo Prévio da Viabilidade Econômica e Energética para Implantação de Usina de Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. 2013. 66 p. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2013.

HENRIQUES, R. M. Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Abordagem Tecnológica. 2004. 204 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

ITÔ, L. C. M. Geração de Energia Elétrica a Partir de Resíduos Sólidos Urbanos. 2014. 49 p. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2014.

LEME, M. M. V. Avaliação das Opções Tecnológicas para Geração de Energia a Partir dos Resíduos Sólidos Urbanos: Estudo de Caso. 2010. 138 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal De Itajubá. Itajubá, 2010.

MACHADO, C. F. Incineração: Uma Análise do Tratamento Térmico dos Resíduos Sólidos Urbanos se Bauru/SP. 2015. 97 p. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

MORGADO, T. C.; FERREIRA, O. M. Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos, Aproveitamento na Co-Geração de Energia. Estudo para a Região Metropolitana de Goiânia. 2006. 18 p. Artigo – Universidade Católica de Goiás - Departamento de Engenharia, Goiânia, 2006.

RIGATO, P. C. Estudo da Composição da Alimentação de um Incinerador Rotativo de Resíduos Visando Aumento da Capacidade Operacional. 2008. 82 p. Dissertação (Mestrado) – Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. Caetano do Sul, 2008.

SANTOS. Á. C. Geração de Metano Devido à Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos Urbanos- Estudo de Caso do Aterro Sanitário Metropolitano Centro, Salvador – BA. 2011. 155 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Salvador, 2011.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE-MS. Gestão de resíduos sólidos: Uma Oportunidade para o Desenvolvimento Municipal e para as Micro e Pequenas Empresas. São Paulo: Instituto Envolverde: Ruschel & Associados, 2012.

UIEDA, F. A. Projeto Básico De Central Termelétrica Com Incineração De Resíduos Sólidos Urbanos. 2009. 93 p. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. São Paulo, 2009.

VIEIRA, M. P. Fundamentos de Incineração. 1ª edição. São Paulo: Editora Gregory, 2012. 298 p.

