

revista brasileira de
ENERGIA



Sociedade Brasileira de
Planejamento Energético

Criação de Capa e Diagramação

Kelly Fernanda dos Reis

Revisão

Kelly Fernanda dos Reis

**Revista Brasileira de Energia
Vol. 24 - nº 2**

Itajubá, 2018 - SBPE

Editor: Edson da Costa Bortoni
80 p.

1 - Energia - artigos

2 - Publicação científica

ISSN: 0104303-X

É permitida a reprodução parcial ou total da obra, desde que citada a fonte.

A Revista Brasileira de Energia tem como missão:

“Divulgar trabalhos acadêmicos, estudos técnicos e resultados de pesquisas relacionadas ao planejamento energético do país e das suas relações regionais e internacionais.”

Editor Responsável

Edson da Costa Bortoni

Comitê Editorial

Alexandre Salem Szklo

Amaro Pereira

Annemarlen Gehrke Castagna

Clodomiro Unsihuay-Vila

Edmar Luiz Fagundes de Almeida

Edmilson Moutinho dos Santos

Edson da Costa Bortoni

Eduardo Mirko V. Turdera

Elizabeth Cartaxo

Gisele Ferreira Tiryaki

Ivo Leandro Dorileo

Jamil Haddad

Luiz Augusto Horta Nogueira

Oswaldo Soliano

Paulo Henrique de Mello Sant' Ana

Roberto Cesar Betini

Sergio Valdir Bajay

Thulio Cícero Guimarães Pereira

Virginia Parente

Yanko Marcius de A. Xavier

A Revista Brasileira de Energia (RBE) é uma publicação da Sociedade Brasileira de Planejamento Energético (SBPE), editada trimestralmente.

Diretoria da SBPE

Presidente: Célio Bermann

Vice-Presidente: Ivo Leandro Dorileo

Diretor de Eventos: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas

Diretora de Publicações: Annemarlen Gehrke Castagna

Diretor Administrativo: Jamil Haddad

Conselho Fiscal

Roberto Akira Yamachita

Edson da Costa Bortoni

Luiz Augusto Horta Nogueira

Conselho Consultivo

Afonso Henriques Moreira Santos

Célio Bermann

Edmilson Moutinho dos Santos

Ivan Marques de Toledo Camargo

Jamil Haddad

José Roberto Moreira

Luiz Pinguelli Rosa

Maurício Tiommo Tolmasquim

Oswaldo Lívio Soliano Pereira

Sergio Valdir Bajay

Secretaria Executiva da SBPE

Lúcia Garrido e Kelly Reis

Endereço

Av. BPS, 1303 – Pinheirinho

Itajubá – MG – CEP:37.500-903

E-mail: exec@sbpe.org.br

Os artigos podem ser enviados através do site da SBPE

www.sbpe.org.br

SUMÁRIO

A IMPORTÂNCIA DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS PARA A DESCARBONIZAÇÃO DA ECONOMIA SUECA.....07

Marco Tsuyama Cardoso, Virgínia Parente

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA RECUPERAÇÃO DO BIOGÁS PRODUZIDO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO E DO POTENCIAL DISPONÍVEL NO ESTADO DE MINAS GERAIS.....22

Laura Dardot Campello, Regina Mambeli Barros, Geraldo Lucio Tiago Filho, Adriana de Cássia Barbosa

FACILITADORES DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: SOLUÇÕES TÉCNICAS PARA PAÍSES LATINO-AMERICANOS.....36

Felipe Botelho Tavares, Patrícia V. S. C. Oliveira, Diogo Lisbona Romeiro

O PROJETO DE NOVA LEI DO GÁS (P.L. Nº 6.407/2013): UMA LONGA JORNADA RUMO À EFICIÊNCIA NO TRANSPORTE DE GÁS NATURAL NO BRASIL.....53

Gustavo Mano Gonçalves

POLÍTICA EXTERNA BRASILEIRA E ACORDOS INTERNACIONAIS NA ÁREA DE ENERGIA (1990-2016): MAPEANDO PARCEIROS E SETORES ENVOLVIDOS.....66

Brenda Passos dos Santos, Henry Iure de Paiva Silva

A IMPORTÂNCIA DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS PARA A DESCARBONIZAÇÃO DA ECONOMIA SUECA

Marco Tsuyama Cardoso
Virgínia Parente

Universidade de São Paulo

RESUMO

Desde a década de 1970, a Suécia encontrou nos resíduos uma forma de fonte energética para substituição da alta dependência do petróleo. Quando a questão climática se tornou uma prioridade, o aproveitamento energético dos resíduos ajudou na descarbonização da sua economia, que apesar de crescer 69% de 1990 a 2015, reduziu as suas emissões em 25%.

Palavras- chave: mudanças climáticas, aproveitamento energético de resíduos, energia renovável, gestão de resíduos, biogás, biometano, economia de baixo carbono.

ABSTRACT

Since the 1970s, Sweden has used waste as one energetic source to overcome the previous high oil dependence. When climate change became a global challenge, waste helped the country in decarbonizing the economy, decoupling the GDP and emissions performance. During 1990-2015 period, while the Swedish GDP grew 69 per cent, its emission dropped 25%.

Keywords: climate change, waste-to-energy, renewable energy, waste management, biogas, biomethane, low-carbon-economy

1. INTRODUÇÃO

Por ser um país próximo ao polo norte (o Círculo Polar Ártico passa por seu território), a Suécia tem uma demanda considerável de calor. Esse calor era fornecido basicamente pela queima de petróleo até a década de 1970. Desde então, buscou-se novas alternativas de energia e os resíduos sólidos urbanos passaram a ser vistos como recursos energéticos. Do mesmo modo buscou-se a racionalização dos sistemas de aquecimento criando-se os sistemas de *district heating* que distribuem o calor gerado pela usina pelas cidades suecas.

Adicionalmente, as plantas que geram energia térmica para o *district heating* produzem eletricidade (cogeração).

Por sua vez, os resíduos sólidos que, como na maioria dos países industrializados, já haviam se tornado um problema significativo, a partir da segunda metade do século XX, encontravam solução. Os resíduos sólidos urbanos e seu potencial energético passaram a ser visto como possível alternativa.

Além do aquecimento e da eletricidade, o país poderia se aproveitar de outra forma a energia dos resíduos: produzindo um biocombustível a partir da fração orgânica não só dos recursos urbanos, mas também industriais e de saneamento: o biometano. Resultante da digestão anaeróbica da matéria orgânica, o biogás pode ser tratado para alcançar níveis de pureza do gás natural e ser usado em veículos automotores. O presente trabalho apresenta como a Suécia fez valer esse recurso energético na substituição do uso de combustíveis fósseis.

2. HISTÓRIA ECONÔMICA DA SUÉCIA

A Suécia é um caso exemplar de desenvolvimento e concilia altos níveis de riqueza (o país de 10 milhões de habitantes é o décimo país com maior PIB per capita), altos níveis de desenvolvimento humano (décimo quarto no Índice de Desenvolvimento Humano), sem perder a sua competitividade - de acordo com o Índice de Competitividade Global do Fórum Econômico Mundial, o país é o décimo país mais competitivo do mundo (FMI 2016; UNDP, 2015; WEF, 2016; UN-FCCC, 2015). Esse desenvolvimento, com alta capacidade industrial e de engenharia é relativamente recente. Durante o século XVII, o país era conhecido por sua exportação de recursos naturais como cobre e ferro. No século seguinte, a Suécia representava um terço da produção global de barra de ferro. No século XIX, enquanto outros países avançavam em suas revoluções industriais, crescia a importância na economia sueca do setor de produtos florestais voltados para suprir as necessidades energéticas do continente (BUSINESS SWEDEN, 2016).

Antes da virada para o século XX, o sistema econômico sueco era altamente baseado em commodities e as atividades industriais se limitavam à atividades tradicionais ligadas a essas commodities como fundições, usinas e serrarias, bem como atividades de refinamento para exportação de metais como cobre e ferro. Em partes do país, sem os recursos naturais, haviam atividades tradicionais de produção artesanal de tecidos e madeira (CARLGREN, 2015).

Um dos primeiros setores industriais a deslanchar foi o setor de papel e celulose que aproveitou o fato de que, na década de 1870, o país se tornara o maior exportador de madeira serrada (BUSINESS SWEDEN, 2016).

Mesmo assim, no fim do século XIX, 90% da população sueca ainda sobrevivia da agricultura. O baixo nível de vida levava a uma grande emigração. Da metade do século XIX até meados de 1930, 1,5 milhões de suecos, de uma população de 3,5 milhões em 1850 e pouco mais de 6 milhões em 1930, emigraram em sua maioria para a América do Norte (SWEDEN GOVERNMENT, 2017).

A situação começou a mudar durante a segunda revolução industrial. Naquele tempo, a economia sueca foi capaz de tirar vantagem dos avanços tecnológicos e organizacionais realizados na Europa Ocidental e América do Norte na segunda revolução industrial. O crescimento contrastava com o passado onde a agricultura era a principal fonte de riqueza no país. A indústria passou a ser a principal fonte de recursos na virada do século XX e, em várias áreas, elas integravam a fronteira tecnológica que se desenhava na segunda revolução industrial (SCHÖN, 2008).

As empresas que surgiam eram intimamente ligadas ao conhecimento científico e conhecimento de engenharia mais complexos. Os recém desenvolvidos motores elétricos se tornaram especialmente importantes na Suécia, onde empresas como ASEA (mais tarde ABB) aproveitaram a alta demanda de processos intensivo-energéticos e da alta capacidade de geração hidrelétrica no país (SCHÖN, 2008).

Mais tarde, o país estabeleceu uma forma colaborativa de desenvolvimento que foi crucial para o crescimento sustentado de sua economia. Depois das duas crises (1921-22 e o *crash* de 1929), o país optou por um novo modelo econômico, o chamado “Modelo Sueco”. (CARLGREN, 2015). A política de mercado de trabalho, chamada de “política de salário solidário” era um acordo entre os sindicatos e as organizações dos empregadores (SCHÖN, 2008).

Ilustrando o caráter colaborativo da economia sueca, no início da década de 1960, presidentes sindicais de trabalhadores e empresariais defenderam em depoimento ao senado americano, que trabalho e capital poderiam chegar a um acordo que levasse à modernização e, portanto, beneficiar tanto capital e trabalho: trabalhadores aceitam maiores lucros contanto que estes fossem reinvestidos na expansão industrial (LÖNNROTH, 2010). Depois da Grande Guerra, durante a reconstrução da Europa, a economia sueca teve outro grande salto. A chamada “Era de Ouro” foi de 1950-1975 e entre 1960 e 1965, a economia alcançou o seu pico com um crescimento médio do PIB anual 5,3% e um aumento anual médio da produtividade de 5,6% (CARLGREN, 2015).

Essa expansão econômica, entretanto, trouxe problemas ambientais, entre eles a questão da poluição e dos Resíduos Sólidos Urbanos. É dessa época as principais iniciativas governamentais com relação às questões ambientais.

3. HISTÓRIA DA GESTÃO AMBIENTAL NA SUÉCIA

Em 1967, cientistas suecos atentaram para a crescente acidificação das chuvas, causados pelo aumento de combustíveis fósseis contendo enxofre na Europa. Um ano depois da descoberta, uma lei determinou que se impedisse o uso de petróleo com altos teores de enxofre na Suécia. Ao mesmo tempo, a Suécia teve que tomar algumas medidas referentes à proteção dos seus corpos d'água: em 1966, foi proibido o uso de aquil mercúrio na agricultura, e no seguinte, em 1967, foi proibido o uso de fenil mercúrio e as emissões de mercúrio caíram pela metade. O crescente debate levou o movimento a uma área política separada, com uma agenda política própria e a primeira agência ambiental do mundo (LUNDGREN, 2011, NATURVARDSVERKET, 2011).

A Agência (Naturvardsverket) tornou-se o órgão central responsável pelo setor ambiental, inclusive a parte da conservação. Formada pela fusão de diversas autoridades responsáveis por água, qualidade de ar, conservação e outras. Também foi formado o Conselho Nacional de Licenciamento que era formado por um juiz experiente e dois outros membros com conhecimento e experiência técnica e um quarto membro com experiência industrial ou de governo local. (LUNDGREN, 2011).

Em 1969, foi instituída a Lei de Proteção Ambiental, com o objetivo de prevenir poluição nas águas e no ar, ruídos e outras formas de distúrbio causados por indústrias e outras instalações estacionárias. Sob a nova lei, qualquer planta que oferecesse potencial risco ao meio ambiente, deveria ter uma licença para operar (LUNDGREN, 2011). Essa Lei seria atualizada e adaptada às diretrizes europeias trinta anos depois.

4. ENERGIA E RESÍDUOS NA SUÉCIA

Na década seguinte, duas agendas ocuparam as autoridades: energia e resíduos. Até a década de 1970, o petróleo representava aproximadamente 80% da produção de energia primária. Isso tornava o país um dos mais dependentes do petróleo no mundo industrializado. Apesar de a eletricidade ser basicamente produzida por conta da hidreletricidade, os setores de transporte e aquecimento eram totalmente baseados em petróleo. O governo sueco já havia demonstrado preocupações com a alta dependência do petróleo importado já nas décadas de 1950 e 1960, mas foi a crise de petróleo em 1973 que iniciou reais esforços para reduzir a dependência do petróleo importado (ERICSSON, 2009).

Com o crescente debate sobre a exploração de rios para pro-

dução de eletricidade, o governo procurava novas alternativas de geração até mesmo para eletricidade. Deste modo, resolveu apoiar a produção de eletricidade por usinas nucleares, sistemas de aquecimentos distritais (*district heating*) para reduzir o uso de petróleo nos sistemas de aquecimento e biocombustíveis para uso em transporte. Com esse conjunto de ações, o uso de petróleo reduziu em um terço durante a década (ERICSSON, 2009).

O crescente impacto dos resíduos também começava a exigir medidas governamentais. Em 1972, “A Lei de Limpeza Pública” entrou em vigor e se tornou um marco na gestão de resíduos sólidos urbanos. De acordo com a lei, a responsabilidade pela limpeza pública, coleta e transporte de lixo doméstico ficou a cargo das prefeituras. A lei foi o marco inicial também com relação à destinação dos resíduos. Entre 1972 e 1982, foram construídas entre 15 e 20 novas plantas de separação e compostagem (RYLANDER, 1985).

Em 1975, o governo instituiu a lei “Recuperação e Gerenciamento de Resíduos” que resultou um apoio de mais de 50% do custo de capital de plantas de recuperação ou outra forma de utilização do lixo doméstico. A lei iniciou a recuperação e reciclagem de restos de papéis – primeiramente papéis de jornais e revistas das residências (RYLANDER, 1985).

Com as pressões energéticas e de gestão de resíduos, o Estado sueco decidiu apoiar programas de investimentos focados no desenvolvimento da recuperação do potencial energético ou outros usos dos resíduos domésticos. O programa foi introduzido em 1975, ao mesmo tempo em que se implantavam os sistemas de aquecimento centralizado (*district heating*) que aproveitavam o calor das plantas incineradoras. Em 1979, os municípios se tornaram responsáveis também pelo tratamento dos resíduos sólidos (CORVELLEC et al. 2011).

Embora impulsionada na década de 1970, foi durante a década de 1980 que a incineração dos resíduos com recuperação energética foi desenvolvida em larga escala para substituir o petróleo e o carvão no sistema de aquecimento centralizado (*district heating*), mas ao mesmo tempo, alguns segmentos manifestaram preocupação com as emissões de dioxinas nas plantas de incineração, o que levou a um debate e forçou o governo sueco a suspender o desenvolvimento de novas plantas de incineração em 1985 (NREL, 1995).

A moratória de novas plantas foi estabelecida em 13 de fevereiro de 1985 pela Agência Ambiental Sueca, e foi motivada por relatórios que mostravam que as incineradoras eram fontes importantes de dioxinas e dados obtidos em 1984 mostraram a presença de dioxina no tecido adiposo e em leite materno. No momento da moratória, mais da metade dos resíduos sólidos urbanos já eram incinerados (NREL, 1995).

Em maio de 1985, o governo começou a estudar requisitos de engenharia e limites de emissões que deveriam ser impostos à incineração de resíduos. O resultado da investigação gerou um relatório “Energia de Resíduos” publicado em junho de 1986, que concluiu que “Baseada nas avaliações do impacto da incineração na saúde e no ambiente, a conclusão é que essa incineração é um método aceitável de tratar resíduos domiciliares e industriais” (“ENERGY FROM WASTE,” STATENS ENERGIVERK AND NATUNRARDSVERKET, 1986, p. 18 apud NREL, 1995). A conclusão, entretanto, ressaltou a necessidade de implementar medidas para restringir as emissões das plantas futuras e que já existiam. O relatório baseou a decisão do governo de suspender a moratória, que por sua vez determinou que a agência ambiental deveria trabalhar para assegurar que as plantas que existiam cumprissem com a restrição sugerida pelo relatório até o fim de 1991 (NREL, 1995).

Em seguida, a Agência Ambiental reviu todas as licenças e reviu as condições necessárias para atender as normas delineadas pelo relatório e estabelecer os limites para dioxinas e furanos variando de 0.1 to 2 ng/m³ (em EADON TCDD equivalentes) (NREL, 1995). Os avanços da recuperação energética de resíduos eram acompanhados por avanços de reciclagem. Nos anos 1980, O governo sueco focou também na reciclagem e no reuso, possibilitando que materiais pudessem ser recuperados do lixo e evitando que resíduos perigosos fossem descartados (LUNDGREN, 2011; CORVELLEC et al. 2011).

A incineração, entretanto, andou mais rápido. Na metade da década, aproximadamente 40-45% do total de resíduos sólidos eram aterrados, aproximadamente 45-50% era incinerado e somente 10% era separada ou compostada em plantas centrais (RYLANDER, 1985).

A Agência Ambiental lançou em 1988, um relatório chamado “Resíduos Sólidos e Meio Ambiente” a qual estabelecia uma estratégia para atingir certas metas em termos de proteção da saúde e meio ambiente, economizar recursos naturais, impulsionar desenvolvimento econômico, proteger materiais estratégicos, eliminar lixo na rua, garantir coleta apropriada, tratamento e disposição de materiais indispensáveis, minimizar a produção de resíduos, reciclar o quanto for economicamente e tecnicamente possível, e tratar o resíduo restante de uma forma ambientalmente responsável (NREL, 1995). A Estratégia se tornou lei em 1990.

De 1991 em diante, as prefeituras precisavam ter um plano de ação para tratar os resíduos, considerando o material residual encontrado nos seus territórios. Esses planos deveriam ser detalhados, incluindo informações referentes aos resíduos e às medidas do município para reduzir a quantidade e risco dos resíduos. Os planos deveriam seguir metas baseadas nos objetivos nacionais. Os planos

municipais deveriam ser coordenados pelas administrações provinciais que, por sua vez, analisariam as capacidades de tratamento de resíduos municipais para garantir a capacidade de toda a região (CORVELLEC et al. 2011).

Em 1994, o parlamento estabeleceu o princípio do poluidor pagador, introduzindo o esquema da “responsabilidade do produtor” que exigia metas quantificáveis de coleta e disposição de resíduos para produtores e importadores de bens de consumo, embalagens, veículos, papel de jornal e revista, pneus inservíveis, e equipamentos elétrico-eletrônicos (LUNDGREN, 2011; CORVELLEC et al. 2011).

Em 1999, estabelece-se a lei de imposto sobre resíduos (1999:673), introduzindo o imposto sobre aterramento, que entra em vigor em primeiro de janeiro de 2000 com valor de 250 SEK por tonelada de resíduos (aproximadamente €27,5). Depois o valor subiu de 288 SEK/tonelada (aproximadamente € 31,7) em 2002, para 370 SEK/tonelada (aproximadamente € 40,7), em 2003, e chegou a 435 SEK/tonelada (aproximadamente € 47,9) em 2006, resultando num crescimento de quase 74% desde a sua introdução em 2000 (NATURVARDSVERKET, 2010). Sob a lei de imposto sobre resíduos, todo o material que entra no aterro é taxado, enquanto o material que é desviado do aterro recebe dedução. A taxa é cobrada pelo proprietário do aterro com base no seu peso.

Em 2001, o governo sueco lançou a deliberação sobre resíduos (2001:512) que proíbe o aterramento de resíduos combustíveis (de 2001 em diante) e proíbe o aterramento de todo o resíduo orgânico (a partir de 2005) com apenas algumas exceções. Desse modo, o governo determinou o fim do aterramento tanto de resíduos combustíveis como orgânicos a partir de 2005 ou ao menos minimizá-los ao mínimo volume que não pode ser tratado de outra forma. Não obstante, em certas regiões do país com falta de estruturas para gerenciar apropriadamente o tratamento de resíduos orgânicos ou combustíveis, o conselho da província na qual estão inseridas estas regiões específicas tem o direito de assegurar isenção da proibição (NATURVARDSVERKET, 2006).

De 2001 em diante, a gestão de resíduos evoluiu de forma constante, embora com alguns altos e baixos, a reciclagem aumentou 10% em média entre os anos 2001 e 2010. A reciclagem de materiais tem sido considerada relativamente alta devido aos esforços anteriores que estabeleceram um esquema operacional e bem organizado de atribuições das responsabilidades aos produtores de diferentes produtos. 2005 foi um importante ano para a visão de futuro da gestão de resíduos no país. Neste ano foi apresentado o Plano de Resíduos do País “Estratégia para Gestão Sustentável dos Resíduos” para os cinco anos posteriores. (NATURVARDSVERKET, 2005). Ao mesmo tempo, o governo publicou Objetivos Ambientais, incluindo a redução de Resíduos

Sólidos Urbanos (RSU). Uma meta desafiadora foi a reciclagem de 50% de reciclagem dos Resíduos Sólidos Urbanos, já para 2010, o que foi praticamente alcançado (MILIOS, 2013).

Em 2006, um imposto sobre incineração foi introduzido e a ideia era propiciar um maior direcionamento de resíduos em direção à reciclagem, mas esse imposto foi revertido em 2010 pelo governo. Durante a década de 2000 também ocorreram mudanças referentes aos resíduos industriais e perigosos. O monopólio municipal de tratar resíduos industriais também terminou em 2000 e foi desregulado e aberto para atores privados em 2007 (CORVELLEC et al. 2011).

Ao longo da história, o último e pior recurso da hierarquia de resíduos – o aterramento – foi sendo reduzido até o tratamento de uma quantia irrelevante de resíduos sólidos devido às iniciativas regulatórias importantes como se pode verificar na Figura 1.

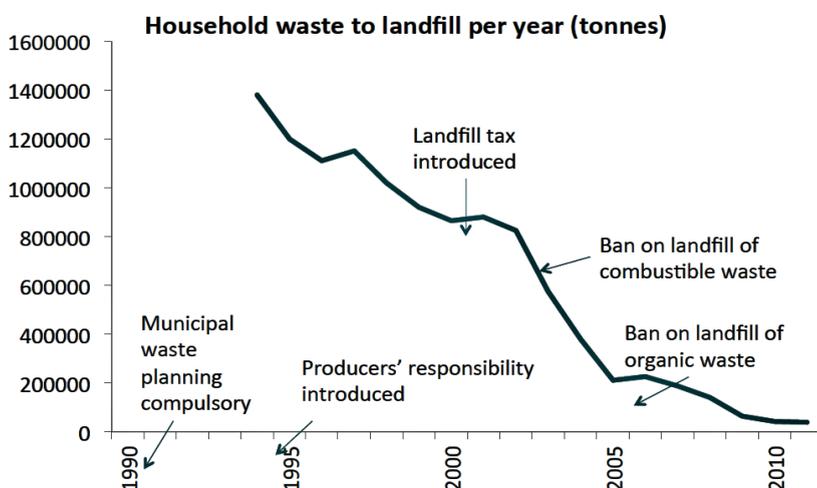


Figura 1 - Resíduos domiciliares para os aterros

Fonte: GRIPWALL, 2017

5. BIOMETANO COMO COMBUSTÍVEL NA SUÉCIA

O biogás é gerado nas plantas de tratamento de esgotos desde os anos 1960. Inicialmente o objetivo era somente reduzir os resíduos (lodo) da estação de tratamento. A partir dos anos 1970, em função da crise do petróleo, a Suécia começou a investir fortemente na recuperação energética dessa matéria orgânica. Além de reduzir o impacto ambiental, o principal objetivo era reduzir a dependência do

petróleo. Esse avanço preparou o caminho para que outros setores econômicos desenvolvessem tecnologias para os seus próprios tipos de resíduos. Com isso, os setores de açúcar, papel e celulose, alimentos e resíduos sólidos começaram a produzir biogás como um recurso energético (ENERGIGAS, 2011).

Quando a preocupação com relação às mudanças climáticas tornou-se uma realidade, a Suécia (com uma matriz elétrica relativamente limpa) decidiu aproveitar a sua experiência com veículos movidos a combustível gasoso, iniciado nos anos da Segunda Guerra, para substituir os combustíveis de uma área crítica no que tange à importância do petróleo: o setor de transporte.

Rodar um veículo a biogás (não purificado) ocorreu ainda em 1989, em Linköping. Três anos depois, em 1992, a experiência foi com biometano (biogás tratado). Em 1996, a experiência ganhava escala comercial.

A empresa municipal Tekniska Verken com a Linköping Biogas AB iniciaram a produção e o tratamento do biogás e abastecer postos de abastecimento públicos e nos pontos de ônibus (LAMPINEN, 2013). Na mesma época a cidade de Uppsala também começava o processo. Enquanto isso, novos digestores anaeróbicos eram construídos na Escânia (Sul), região onde estão localizadas as indústrias alimentícias que ajudavam a oferecer matéria prima. Com relação ao uso de resíduos sólidos urbanos, o crescimento se deu principalmente com a proibição de aterramento de resíduos orgânicos que ocorreu em 2005 e com os recentes esforços na separação de resíduos alimentares na fonte.

6. O RESULTADO ALCANÇADO

De acordo com a relatório da Agência Sueca de Energia Agency (SEA, 2015), em 2013, as energias renováveis representavam 36% da energia total (556 TWh) produzida na Suécia. Entre as fontes renováveis, a mais importante fonte era biomassa (que inclui resíduos), com 23%. Seguem a hidreletricidade com 11% e as eólicas com 2%. Embora o total produzido de energia no país alcance 556 TWh, o uso final é bem inferior: 375 TWh. Essa diferença se deve às perdas, produtos não energéticos, mas principalmente pela demanda de esfriamento das plantas nucleares, que demandaram 123 TWh em 2013 - quase o mesmo montante da energia total produzida por biomassa. Se considerada apenas a energia consumida, a fração das renováveis salta para 53%.

Essas iniciativas criaram condições para um contínuo crescimento da capacidade renovável na matriz elétrica do país. A capacidade de produção nos anos de 2013 e 2014 podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1 - Capacidade de geração de eletricidade sueca

Fonte	31 Dec 2013 MW	31 Dec 2014 MW
Hidrelétrica	16.150	16.155
Eólica	4.470	5.420
Nuclear	9,531	9.528
Solar	43	79
Outras térmicas	8.079	8.367
CHP (indústria)	1,375	1,375
CHP, <i>district heating</i>	3.631	3.681
Plantas convencionais	1.498	1.748
Turbinas à gás etc.	1.575	1.563
Total	38.273	39.549

Fonte: BYMAN, 2016

Já a produção de biogás também vem crescendo com o aumento da produção gerado pela separação crescente de resíduos alimentares. De 30.000 toneladas em 2005, os resíduos alimentares coletados separadamente saltaram para 337.000 toneladas em 2014. Esse aumento na matéria prima disponível possibilitou que a indústria de biogás crescesse quase 30% sua produção, de 1.300GWh anuais para cerca de 1.900GWh no mesmo período (ENERGIMYNDIGHETEN, 2016). O período de crescimento coincide com o período de esforço na separação de resíduos alimentares como pode ser conferido na Figura 2.

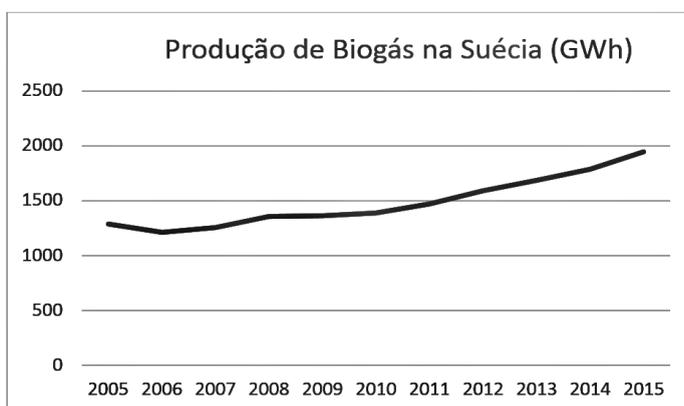


Figura 2 - Produção de biogás na Suécia
Fonte: ENERGIMYNDIGHETEN, 2016

Além disso, a gestão de resíduos na Suécia está efetivamente avançando no gerenciamento dos seus resíduos, reduzindo o desperdício, tanto de seu potencial material, como energético. A coleta separada de resíduos alimentares aumentou 5% entre 2013 e 2014. Mais do que 65% das prefeituras (190 das 290) coletam resíduos alimentares separadamente no país. O país busca a meta de alcançar 50% de separação na fonte de restos alimentares até 2018. Em 2014, os números eram de cerca de 31%. Esses resíduos, separadamente coletados na fonte, estão deixando de ser tratados apenas por compostagem e estão aumentando a produção de energéticos no país. De 2013 para 2014, enquanto a destinação para plantas de digestão anaeróbica cresceu 21%, as plantas de compostagem receberam 16% menos resíduos alimentares.

Neste ano de 2013 a reciclagem cresceu cerca de 10% e esse grande salto se deveu a uma melhora na reciclagem de pedras, vidro, lâ, telhas, solos e tijolos, que passaram a ser usados em materiais de construção. Nos anos seguintes a quantidade reciclada permaneceu mais ou menos estável.

Apesar dos esforços de subir na hierarquia de serviços, são nos degraus mais altos (que previnem resíduos) os principais desafios. De 2012 a 2016 a geração de resíduos no país subiu cerca de 6%. A geração de resíduos por cidadão no período também cresceu de 460kg anuais para 467kg. Em 2016, 34,69% dessa quantidade de resíduos foi para reciclagem; 16,25% passou por tratamento biológico (digestão anaeróbica ou compostagem); e 49,39% teve sua energia recuperada por meio de incineradoras térmicas. Os números totais podem ser checados na Tabela 2

Tabela 2 – Destinação e tratamento final de RSU na Suécia

VOLUME TRATADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS 2012-2016 (TON)					
	2012	2013	2014	2015	2016
Reciclagem	1.422.250	1.467.200	1.617.930	1.652.710	1.615.170
Tratamento Biológico	673.180	711.450	713.110	728.570	757.480
Recuperação Energética	2.270.650	2.235.930	2.148.640	2.284.210	2.262.610
Aterros	32.600	33.300	32.900	38.300	31.000
Volume Total Tratado	4.398.680	4.447.880	4.512.580	4.703.790	4.666.260

Fonte: AVFALLSVERIGE, 2017

Com isso, a Suécia demonstra que os resíduos sólidos podem deixar de ser um problema ambiental e se tornar um grande aliado para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, as emissões de gases efeito estufa, sem prejuízo do crescimento econômico; ao contrário, promovendo novas indústrias e novos mercados que contribuem para o desempenho da economia, mas principalmente para a redução das emissões, conforme fica evidente na Figura 3.

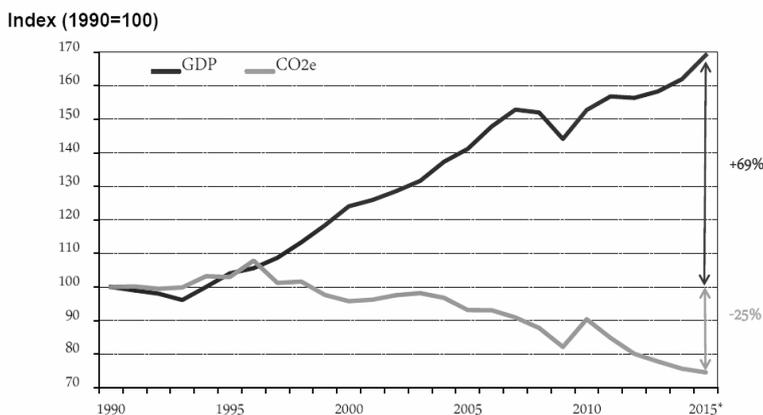


Figura 3 - Economia x emissões no período 1990 a 2015

O gráfico mostra que se a economia sueca cresceu 69 por cento no período (crescimento grande para uma economia já desenvolvida), as emissões se reduziram em 25% no período.

7. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como se pode constatar nesse trabalho, a Suécia tem tido um grande desempenho no avanço da gestão de resíduos e no seu aproveitamento energético, seja via incineração, seja via digestão anaeróbica. Tal avanço tem resultado tanto na criação de novas indústrias e mercados, como na substituição de combustíveis fósseis e, conseqüente, na redução das emissões. Só de 1990 até 2015, a Suécia cresceu 69% e reduziu as suas emissões em 25%, tornando-se um exemplo de descarbonização da economia; a gestão e o aproveitamento energético de resíduos têm um relevante papel nisso, reduzindo a necessidade da queima de combustíveis fósseis para aquecimento, geração de eletricidade e combustíveis automotivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVFALLSVERIGE Swedish Waste Management Report 2017 disponível em https://www.avfallsverige.se/fileadmin/user_upload/Publikationer/Avfallshantering_2017_eng_low.pdf

BUSINESS SWEDEN, Bioeconomy in Sweden Sector Overview: Business opportunities in a bioeconomy growth market, 2016 available at <http://www.business-sweden.se/globalassets/invest-new/reports-and-documents/bioeconomy-in-sweden---sector-overview-2016.pdf>

CARLGREN F. Agricultural toward Industrial, Ekonomifakta updated 10/2015 disponível em <https://www.ekonomifakta.se/en/Swedish-economic-history/swedish-economic-history2/Agricultural-toward-Industrial/>

CORVELLEC H., BRAMRYD T. HULTMAN J. The Business Model of Swedish Municipal Waste Management Companies, Lund University May 2011.

ENERGIGAS_SWEDISH GAS ASSOCIATION, Biogas in Sweden, March 2011.

ENERGIMYNDIGHETEN Produktion och användning av biogas och rötrester år 2015, April 2016 available at <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/nyheter/2016/es-2016-04-produktion-och-anvandning-av-biogas-och-rotrester-ar-2015.pdf>

ERICSSON K. Introduction and development of the Swedish district heating systems: critical factors and lessons learned Lund University, March 2009. Disponível em: <[http://www.res-h-policy.eu/downloads/Swedish_district_heating_case-study_\(D5\)_final.pdf](http://www.res-h-policy.eu/downloads/Swedish_district_heating_case-study_(D5)_final.pdf)> . Acesso em: 12 jun. 2016.

GRIPWALL A.C., Testimony in March, 10th, 2017

LAMPINEN A. Development of biogas technology systems for transport, Tekniikan Waiheita 3/13, 2013 available at http://www.ths.fi/Lampinen_TW-3-2013.pdf

LUNDGREN L. J., Sweden's Environment Problems and Protection 1960–2010, Naturvårdsverket, 2011, disponível em <https://naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-8501-8.pdf?pid=4183>.

MILIOS L. Municipal waste management in Sweden, European Environment Agency 2013.

NATURVARDSVERKET, Strategy for Sustainable Waste Management, Sweden's Waste Plan, 2005, disponível em <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-1249-5.pdf>

_____, Sweden's Environment Problems and Protection 1960–2010, 2011 disponível em <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/6400/978-91-620-8501-8.pdf?pid=4183>

NREL_NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY, Environmental Legislation and the Regulation of Waste Management in Sweden May 1995.

RYLANDER H., Waste Management in Sweden. A National Report, Waste Management & Research 3, 8-88, 1985

SCHÖN, L.. Sweden – Economic Growth and Structural Change, 1800-2000. EH.Net Encyclopedia, edited by Robert Whaples. February 10, 2008. URL <http://eh.net/encyclopedia/sweden-economic-growth-and-structural-change-1800-2000/>

SEA_SWEDISH ENERGY AGENCY. Energy in Sweden 2015 Disponível em: <<https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=5545>> Acesso em : 10 jan, 2016.

SWEDEN GOVERNMENT, History of Sweden, 2017 home page, available at <https://sweden.se/society/history-of-sweden/>

_____. Sweden Tackles climate change, 2016 Disponível em: < <https://sweden.se/nature/sweden-tackles-climate-change/>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

_____, Swedish Environmental Code, 2000 (English edition) available at <http://www.government.se/contentassets/be5e4d4ebdb4499f8d6365720ae68724/the-swedish-environmental-code-ds-200061>

