

III-160 - PARÂMETROS DA SIMULAÇÃO DE UM MODELO DE VIABILIDADE E ANÁLISE FINANCEIRA PARA UMA UNIDADE DE INCINERAÇÃO DE RSU

Fábricio Viana Andretti⁽¹⁾

Engenheiro de Telecomunicações pela UERJ. Mestre em Logística e Supply Chain pela PUC/RJ. Consultor da TC TARGET Consulting. Doutorando em Engenharia Ambiental na UERJ.

João Alberto Ferreira⁽²⁾

Engenheiro pela UFU. Mestre em Engenharia Ambiental pelo Manhattan College - NY USA. Doutor em Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública ENSP/FIOCRUZ. Professor da UERJ.

Camille Ferreira Mannarino⁽³⁾

Engenheira Civil pela UERJ. Mestre em Engenharia Ambiental pela UERJ. Doutora em Saúde Pública e Meio Ambiente pela Fundação Oswaldo Cruz. Pesquisadora em Saúde Pública na Fundação Oswaldo Cruz.

Endereço⁽¹⁾: Rua Bento Lisboa, 120 – 1.006/bl.3 Catete – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 22221-011 - Brasil - Tel: (21) 98857-4552 - e-mail: fabricio2906engenheiro@gmail.com

RESUMO

Na Europa o aproveitamento da energia a partir do RSU através das plantas de incineração WtE (Waste-to-Energy) vem crescendo rapidamente nos últimos anos. As plantas WtE são uma das tecnologias mais eficazes e eficientes para reduzir o volume de resíduos. O Brasil, no entanto, ainda é altamente dependente de aterros para a destinação final de RSU, majoritariamente sem tratamento prévio. Realizando uma revisão bibliográfica a partir de relatórios anuais, artigos e através de *benchmarking* em quatro usinas WtE na Suíça e duas em Portugal, o trabalho trata dos parâmetros de um modelo de viabilidade e análise financeira para uma unidade de incineração de RSU com recuperação de energia. O modelo servirá como base para orientar um estudo de viabilidade técnico-econômica (EVTE) para a implementação de um projeto de uma planta fictícia de incineração WtE. Um modelo financeiro com dois cenários diferentes foi formulado, considerando a variação da taxa de juros do banco e do custo de capital. Os indicadores de valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e retorno do investimento (ROI) foram utilizados como indicadores de viabilidade financeira. A análise de sensibilidade foi realizada para verificar como o preço da eletricidade e o preço pago pelos serviços de tratamento (*gate fee*) afetam a viabilidade financeira do modelo. Os resultados sugerem que o principal fluxo de receita de uma usina WtE é a venda de eletricidade e o *gate fee*. Alto custo de capital é a principal desvantagem na implementação de uma planta de incineração WtE. Nas condições estudadas, é possível inferir que uma unidade WtE pode ser economicamente viável se as receitas da venda de preço de eletricidade e o *gate fee* forem superiores a certos valores limites e também se o projeto WtE obtiver financiamento com taxas de juros inferiores às disponíveis atualmente nos bancos de financiamento. Este estudo poderá ser de particular valor para os desenvolvedores de plantas do WtE, autoridades governamentais e pesquisadores que trabalham no setor de gerenciamento de resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Incineração, Resíduos Sólidos Municipais, Resíduos para Energia, Usina Waste-to-Energy, Análise de viabilidade técnico-econômica.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o desenvolvimento econômico no mundo e no Brasil aumentaram a produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em muitas grandes cidades, causando problemas ambientais. A incineração de resíduos tem o potencial de reduzir o volume e a massa de resíduos em 80% a 90% e 70% a 80% respectivamente (LOMBARDI et al., 2015), reduzindo o uso de aterros sanitários para eliminação de rejeitos remanescentes do processo de incineração. Além disso, a tecnologia de incineração nas plantas WtE se apropria do poder calorífico dos resíduos de natureza combustível e favorece o uso de energia térmica e elétrica devido ao processo de combustão (MENEZES et al., 2000; CHIRICO, 1996).

Um dos principais fatores que sustentaram o crescimento de plantas WtE no mundo foi a evolução da tecnologia de tratamento nas emissões provenientes do processo de incineração. A caracterização das emissões e o tratamento e o controle da poluição do ar dos resíduos de incineradores foram o foco de muitos pesquisadores (AMUTHA RANI et al., 2008; PORTEOUS 2015). De acordo com CEWEP (2016), na Europa, a quantidade de plantas de incineração com geração de energia proveniente de resíduos aumentou rapidamente nos últimos anos. Na Europa, existem mais de 500 plantas de incineração de RSU processando 80,82 milhões de toneladas de resíduos urbanos por ano, com uma geração potencial acima de 35 milhões de MWh de energia por ano (CEWEP, 2016). Os incineradores na Europa hoje operam sob regulamentos restritos de emissão utilizando tecnologias de ponta e, com isso, reduziram radicalmente as emissões nocivas em comparação com as produzidas no início da década de 1990 (PORTEOUS, 2015).

A realidade brasileira e dos países em desenvolvimento ainda apresenta desafios específicos na gestão de resíduos. As soluções para o setor devem ser muito bem estruturadas em torno das melhores práticas e tecnologias disponíveis, adaptadas às condições da realidade local. No Brasil, além da utilização eventual de incineradores para tratamento de resíduos de serviços de saúde e industriais, há pelo menos três propostas para implantação de plantas WtE visando ao tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos, sendo duas no estado de São Paulo e uma no Rio de Janeiro.

A possibilidade real de implantação de incineradores no país faz florescer inúmeras questões relacionadas à aplicação dessa tecnologia, como as ligadas à sua viabilidade técnica e econômico-financeira. A ausência de incineradores no Brasil, leva ao desconhecimento da tecnologia por grande parte dos profissionais locais e dos requisitos mínimos para a sua instalação e operação. Nesse sentido, EVTE's (Estudos de Viabilidade Técnica e Econômico-financeira) estruturados são fundamentais para que os investimentos sejam feitos de forma responsável e para que a incineração possa contribuir de forma efetiva para um bom gerenciamento de RSU.

OBJETIVO

Este trabalho apresenta os parâmetros da simulação de um modelo de viabilidade e análise financeira para uma unidade de incineração de RSU. O modelo proposto poderá ser utilizado para orientar a elaboração das análises financeiras previstas dentro dos Estudos de Viabilidade Técnica e Econômico-financeira (EVTE) de plantas de incineração em qualquer município e o que se pretende é que o mesmo contribua para as discussões acerca da viabilidade de implantação de incineradores de RSU no Brasil.

METODOLOGIA UTILIZADA

Uma vez que não há incineradores de RSU no Brasil, um projeto base foi estabelecido para definir os parâmetros da planta de incineração. Para isso, foram realizadas visitas técnicas em quatro (4) incineradores de resíduos sólidos urbanos na Suíça (SIG Geneva, TRIDEL Lausanne, HAGENHOLZ Zurich, ERZO Oftringen) e dois (2) incineradores de resíduos sólidos urbanos em Portugal (LIPOR Porto e VALORSUL Lisboa), com objetivo de levantar premissas e dados operacionais e financeiros, além de aprofundar o conhecimento na operação de plantas não existente no Brasil de forma a subsidiar o presente estudo.

Além disso os aspectos financeiros basearam-se nos padrões de referência para a elaboração de EVTE's previstos no art. 11, item II, da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 - Lei Nacional de Saneamento (LNSB), de acordo com a Portaria nº 557, de 11 de novembro de 2016, no Brasil (BRASIL, 2016).

RESULTADOS

Com base nas etapas prevista pela portaria nº 557, de 11 de novembro de 2016, para realização de EVTE's, a avaliação financeira tem como entrada os dados oriundos das etapas anteriores (1 à 7) conforme Figura 1:

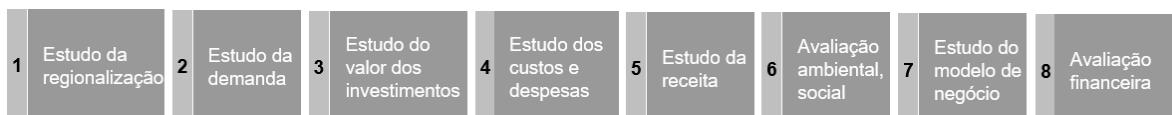


Figura 01: Etapas para realização de EVTE. Fonte: Adaptado Portaria nº 557 (BRASIL, 2016)

Com o objetivo de identificar os parâmetros da simulação de um modelo de viabilidade e análise financeira de um incinerador de RSU, a avaliação financeira percorre as etapas conforme Figura 2 (GITMAN, 2010):

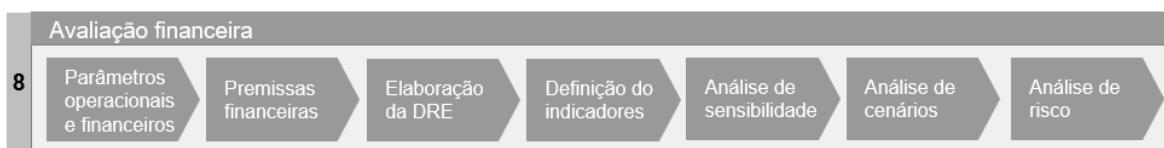


Figura 02: Etapas para realização da análise financeira.

Para identificação dos parâmetros da simulação de um modelo de viabilidade e análise financeira para uma unidade de incineração de RSU, as seguintes etapas devem ser cumpridas:

Definição dos parâmetros operacionais e financeiros: para estabelecer os fatores básicos considerados no estudo do valor do investimento (CAPEX - *CApital EXPenditure*) e dos custos e despesas (OPEX - *OPerational EXPenditure*), é necessário, preliminarmente, realizar uma avaliação da capacidade e desempenho de projeto da planta WtE de RSU. Os principais parâmetros de projeto da planta de incineração são mostrados na tabela 1.

Tabela 01: Parâmetros operacionais e financeiros de uma planta WtE (Fonte: elaborado pelo autor)

Parâmetros	
Número de linhas	(em qtd)
Vida útil da planta	(em anos)
Período de construção	(em anos)
Capacidade de processamento da planta por linha	(em t/ano/linha)
Disponibilidade da planta	(em %)
Capacidade da planta WtE	(em t/ano)
Poder calorífico inferior (PCI) médio	(em GJ/t)
Eficiência da geração de eletricidade	(em %)
Eficiência da geração de vapor	(em %)
Capacidade de projeto da planta	(em MW)
Potência total de saída	(em kWh/t)
Consumo de planta	(em kWh/t)
Eletricidade da rede	(em kWh/t)
Mão de obra total (própria + terceira)	(em qtd de funcionários)

De acordo com Mavropoulos (2010), geralmente, na fase de concepção (projeto), assume-se um fator de 90% (disponibilidade da planta). As instalações normalmente são constituídas com mais de uma linha de tratamento para que, em caso de interrupção programada ou não programada por período de tempo, a operação, embora reduzida, consiga ser mantida durante todo o ano. A vida de um incinerador de RSU (vida útil) é de aproximadamente 30 anos com as tecnologias disponíveis atualmente (CHIRICO, 1996).

Estabelecimento das Premissas financeiras: as suposições básicas para um modelo financeiro de plantas de incineração WtE são mostradas na Tabela 2. Essas premissas são usadas como valores de base para a análise financeira.

Tabela 2: Premissas do modelo financeiro de uma planta WtE.

Parâmetros	Premissas
Capacidade da planta WtE	(em t/ano)
Custo de capital (CAPEX) por tonelada	(em \$/t)
Custo de manutenção	(em % do custo do capital)
Preço da electricidade	(em ¢/kWh)
<i>Gate fee</i>	(em \$/t)
Preço de venda de metais: metais ferrosos	(em ¢/kg)
Preço de venda de metais: metais não ferrosos	(em ¢/kg)
Taxa de depreciação	(em %)
Taxa de desconto	(em %)
Inflação	(em %)
Taxa de juro	(em %)
Imposto	(em %)
Custo capital (CAPEX)	(em \$)
Percentual Financiado por uma instituição financeira	% do CAPEX

Segundo o BNDES (2014), a incineração é aconselhável para o tratamento térmico de grandes quantidades de resíduos sólidos (mais de 160.000 ton/ano ou 240 ton/dia). Com relação aos custos relacionados à tecnologia WtE, os custos iniciais de investimento para a construção da planta desempenham um papel importante devido dos valores financeiros dos principais equipamentos instalados pois tratam-se de tecnologias de alto desempenho, para garantir o controle e o tratamento das emissões geradas.

Os custos de capital podem variar significativamente em função dos processos e tecnologia selecionados para o tratamento de gases de combustão e outros resíduos produzidos. Os custos de operação e manutenção tem impacto menor se comparados aos de instalação, para essa tecnologia e estão relacionados principalmente ao desgaste dos equipamentos e estruturas nas plantas de incineração, devido à ação dos resíduos sobre eles (WORLD ENERGY COUNCIL, 2013).

Elaboração da DRE: o custo do ciclo de vida de um ativo pode ser significativamente superior ao valor de investimento inicial (WOODWARD, 2007), e em muitos dos casos é definido logo na fase de projeto (BESCHERER, 2005). Pode-se compor nos custos de ciclo de vida de um ativo, custos operacionais e custos de capital, denominados por suas características contábeis (BARBOSA et al., 2015) demonstradas através de DRE's (Demonstração de Resultado do Exercício).

É através das demonstrações contábeis que a contabilidade/finanças atingem seu objetivo principal: fornecer informações aos administradores para a tomada de decisões. A análise da DRE é uma ferramenta útil para a tomada de decisões quanto a viabilidade financeira da implementação de uma planta WtE considerando todas receitas, custos e despesas para a vida útil de 30 anos.

Definição dos indicadores financeiros: como base para análises, o estudo financeiro pode focar, minimamente mas não exclusivamente, nos indicadores tradicionais específicos para viabilidade financeira, a saber: valor presente líquido (VPL), taxa de retorno interna (TIR), *payback* e retorno sobre o investimento (ROI) (GITMAN, 2010; ROSS et al., 2009). Para Souza (2003), o VPL corresponde à "diferença entre o valor presente das entradas líquidas associadas ao projeto e o investimento inicial exigido". A TIR é a taxa de retorno exigida que, quando usada como taxa de desconto, resulta em VPL igual a zero (ROSS et al., 2009). O *payback* é o período de tempo necessário para recuperar o investimento inicial em um projeto e/ou empreendimento, onde é calculado a partir das entradas de caixa e mede a quantidade de retorno de um investimento, em relação ao custo do investimento (GITMAN, 2010).

Realização da análise de sensibilidade: com o passar dos anos, os pesquisadores foram verificando que as famosas "curvas de probabilidade" não eram assim tão indispensáveis, e o risco poderia ser analisado a contento, bastando que se fornecesse a faixa de variação associada a cada elemento do fluxo contábil, bem como de seus prazos (GITMAN, 2010). Assim, ao invés de se definir a distribuição de probabilidades de um investimento inicial, bastaria que a análise informasse qual a margem de valores possíveis de serem verificados

na prática. Por exemplo, poder-se-ia simplesmente fornecer ao modelo os dados $\pm 20\%$. Desse modo, a incerteza seria expressa por % de margem de erro no valor do investimento, isto é, poderíamos ter um investimento cujo valor real estaria entre -X% e +X%.

A análise de sensibilidade de VPL, TIR e ROI pode ser realizada considerando as duas variáveis (preço de eletricidade e *gate fee*) que afetam o desempenho financeiro do projeto pois são as principais receitas esperadas da planta. Uma escala de atratividade de investimento deve ser formulada para os resultados de análise de sensibilidade de VPL, TIR e ROI conforme faixas indicadas na Tabela 3.

Tabela 03: Escala de atratividade para interpretar a variação dos indicadores VPL, TIR e ROI.

Indicadores	Resultado e critérios
VPL	VPL ≤ 0 : investimento não financeiramente viável
	$0 < VPL \leq \frac{1}{4}$ of Capital cost: viável mas não atraente
	$\frac{1}{4} < VPL \leq \frac{1}{2}$ do custo de capital: viável e atraente
TIR	$\frac{1}{2}$ do custo de capital $< VPL$: viável e mais atraente
	TIR $\leq 10\%$: investimento não financeiramente viável
	$10\% < TIR \leq 15\%$: viável mas não atraente
ROI	$TIR > 15\%$: viável e mais atraente
	ROI $\leq 0\%$: investimento não financeiramente viável
ROI	$0\% < ROI \leq 5\%$: viável mas não atraente
	ROI $> 5\%$: viável e mais atraente

Realização da análise de cenários: além da análise de sensibilidade, devem ser calculados os resultados financeiros para diferentes cenários. Em função do nível de significância dentre as diversas variáveis de um modelo econômico financeiro de uma planta WtE, um modelo com dois cenários pode ser analisado considerando duas variáveis (variáveis de maior efeito – impacto – no resultado financeiro): (a) a variação da taxa de juros do banco (i) e (b) do nível de custo de capital (CAPEX).

O primeiro cenário considera uma taxa bancária de juros (i) inferior à aplicada no cenário base para o caso de obtenção de linhas de financiamento junto aos bancos nacionais ou internacionais. O segundo cenário considera uma redução no custo de capital (CAPEX) para o caso de adoção de algum tipo de incentivo pelo governo público em termos de imposto de importação e/ou adoção de tecnologias de baixo custo frente as referências mundiais como é o caso da China (CHINA, 2014). Ambos os cenários devem ser comparados ao cenário base e classificados de acordo com o desempenho dos indicadores estabelecidos de VPL, TIR, *payback* e ROI.

Realização da análise de risco: O conceito de risco tem sido utilizado em diversas ciências e ramos do conhecimento que tratam assuntos ambientais de forma diferente. Vários termos são utilizados para riscos de acidentes, áleas, desastres, *hazards* entre outros. O risco é a probabilidade mensurável de um perigo transformar-se em desastre. De acordo com Veyret (2007) não há risco sem uma população ou indivíduo que o perceba e que poderia sofrer seus efeitos.

Perigo e risco são conceitos diferentes e ao mesmo tempo complementares. Segundo os conceitos propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU), perigo é considerado como uma circunstância que prenuncia um mal para alguém ou alguma coisa, portanto pode causar dano, perda ou prejuízo ambiental, humano, material ou financeiro; e risco como sendo a probabilidade (ou frequência) esperada de ocorrência dos danos, perdas ou prejuízo consequentes da consumação do perigo (NAÇÕES UNIDAS,2004). Ou seja, a probabilidade da ocorrência de um evento adverso e a magnitude de suas consequências é chamada de risco.

Com base nas análises realizadas devem ser discutidas as condições de viabilidade financeira e realizado análise de riscos para o negócio visto o porte de investimento e o tempo de vida útil do empreendimento e, para tal, referências normativas como a ISO 31000 (ABNT, 2018) podem ser utilizadas.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Altos investimentos e custos de operação, a sustentabilidade financeira do empreendimento, as questões culturais e políticas, e uma concepção equivocada de conflito entre reciclagem e uso de incineração, podem ser listadas entre as questões para restrições ao uso da incineração de RSU em vários países. Uma análise da viabilidade financeira de um empreendimento é o ponto de partida para uma decisão de investimento segura.

O trabalho apresentou os principais parâmetros da simulação de um modelo de viabilidade e análise financeira para uma unidade de incineração de RSU podendo, o mesmo, ser utilizado para orientar a elaboração das análises financeiras previstas dentro dos EVTE de plantas de incineração em qualquer região. Pretende-se, em uma próxima etapa, aplicar o modelo desenvolvido para simulação, com dados reais, de EVTE para uma unidade de incineração no Brasil.

O EVTE é um estudo de viabilidade que busca atestar as possibilidades de sucesso de um empreendimento, considerando aspectos técnicos, comerciais, operacionais, sociais e econômico-financeiros. Daí a importância de se adotar parâmetros da simulação de um modelo de viabilidade e análise financeira de forma estruturada e que venham suportar a fase de projeto de empreendimentos, em especial de médio a grande porte, como é o caso da planta de incineração WtE. A falta de modelos de viabilidade e análise financeira bem fundamentados é um dos fatores que colaboram para que os empreendimentos não avancem de acordo com o planejado, gerando resultados no período de implantação e operação diferentes dos orçados previamente.

Este estudo será de particular valor para os potenciais investidores e interessados em plantas de incineração WtE, autoridades governamentais e pesquisadores que trabalham no setor de gerenciamento de resíduos em geral.

AGRADECIMENTO

Registra-se aqui os melhores agradecimentos ao Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pela concessão da bolsa do programa “Bolsas Emergentes (MSC e DsC)” que muito tem auxiliado a realização e continuidade da nossa pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. Gestão de Riscos – Princípios e diretrizes. NBR ISO 31000. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2018.
2. AMUTHA R. D.; BOCCACCINI, A.R.; DEEGAN, D.; CHEESEMAN, C.R.. Air pollution control residues from waste incineration: current UK situation and assessment of alternative technologies. *Waste Management* 28, 2279–2292, 2008.
3. BARBOSA, W. K. R.; SOUZA, A. P. Otimização de frota através da gestão de ativos. ABRAMAM – Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos, RJ. 2015.
4. BESCHERER, F. Established Life Cycle Concepts in the Business Environment – Introduction and terminology. Laboratory of Industrial Management Report Series, Helsinki University. 2005.
5. BRASIL. Portaria nº 557, de 11 de novembro de 2016. Institui normas de referência para a elaboração de estudos de viabilidade técnica e econômico financeira (EVTE). Diário Oficial [da União], Brasília, DF. nº 218, Seção 1, pág. 129, 14 nov. 2016.
6. BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Uso de energia de resíduos sólidos. 2014. Disponível em: <<http://www.bnDES.gov.br/>> Acesso em: 29 ago 2017.
7. CEWEP - Confederation of European Waste-to-Energy Plants. CEWEP Energy Report III, 2016. Disponível em: <www.cewep.eu/> Acesso em: 29 out 2017.
8. CHIRICO, V. Schweizerische Rückversicherungs-Gesellschaft. Tradução de Mauro Gandolla (2013). Zurique.p. 95, 1996.
9. GITMAN, L.J. Princípios de Administração Financeira. 12º Ed, São Paulo: Editora PEARSON, 2010.
10. LOMBARDI, L.; CARNEVALE, E.; CORTI, A. A Review of Technologies and Performances of Thermal Treatment Systems for Energy Recovery from Waste. *Waste Manage.* 37, 26-44, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959505X14005273>> Acesso em: 23 nov 2017.

11. MAVROPOULOS, A. Thermal treatment in transition countries. Is there any future and how?" Seminário Internacional de Tecnologias e Gestão de Resíduos Sólidos, 1, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 26-28 Maio, 2010.
12. MENEZES, R.; MENEZES, M.; GERLACH, R.J. Estágio Atual da Incineração no Brasil. Grupo Kompac Energia e Meio Ambiente. Seminário Nacional de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública, VII, ABLP - Associação Brasileira de Limpeza Pública. São Paulo, SP, Brasil, 2000.
13. MILLER L., MCELVAINE M.D., MCDOWELL R.M. & Ahl A.S.. Developing a quantitative risk assessment process. Rev. Sci. Tech. 12(4):1153-1164, 1993.
14. NAÇÕES UNIDAS. Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives. Genebra: UN, 2004. 457p. Disponível em: <<http://www.unisdr.org/we/inform/publications/657>>. Acesso em: 03 jan. 2019.
15. PORTEOUS, A. Why energy from waste incineration is an essential component of environmentally responsible waste management. Waste Management, 25, 2005, pp. 451-459, 10.1016/j.wasman.2005.02.008, 2015.
16. SOUZA A.B. Projetos de investimentos de capital: elaboração, análise, tomada de decisão. São Paulo: Atlas, 2003.
17. ROSS S.A.; WESTERFIELD R.W.; JORDAN B.D. Fundamentals of Corporative Finance, 9th Edition, McGraw Hill/Irwin Hardcover, 2009.
18. VEYRET, I. Riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.
19. WOODWARD, D. Life Cycle Costing – theory, information acquisition and application. International Journal of Project Management, Vol. 15. 1997, 2007.
20. WORLD ENERGY COUNCIL. World Energy Resources: Waste to Energy, 2013. Disponível em: <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/10/WER_2013_7b_Waste_to_Energy.pdf> Acesso em: 28 nov 2017.