

A&R ÁGUAS & RESÍDUOS

UMA REVISTA
apesb

Série IV - n.º 3

2019

05 - 28 - 50

Life Cycle Assessment of Cemetery Waste of Oporto Region, Portugal.

Pág. 05 - 14

Geradores termoelétricos para conversão de calor residual em unidades de tratamento de resíduos

Pág. 15-22

O novo modelo de regulação económica para entidades gestoras em modelo de gestão direta

Pág. 23-30

O projeto iEQTA na AGS: sustentabilidade e resiliência nos serviços de águas residuais

Pág. 31 - 42





06

Avaliação do Ciclo de Vida dos resíduos de cemitério da região do Porto, Portugal

Florinda Martins, Carla Fernandes, Catarina Almeida, Filipe Carneiro

Estudou-se o processo de valorização de resíduos de cemitério da LIPOR recorrendo à metodologia ACV. O processo inclui uma operação de triagem e o envio das diferentes frações para o destino mais adequado. Determinaram-se os impactos ambientais do processo existente e do sistema de recolha de resíduos.

15

Geradores termoelétricos para conversão de calor residual em unidades de tratamento de resíduos

Telmo Machado, Ana L. Pires, Cátia R.S. Rodrigues, Benedita Chaves, Francisco Salgueiro Carpinteiro, André Pereira

Nesta experiência foram utilizados geradores termoelétricos comerciais para desenvolver um Dispositivo de Recolha de Energia para captação do calor residual libertado pela conduta de exaustão de um moto-gerador a biogás, convertendo-o em energia elétrica.

23

O novo modelo de regulação económica para entidades gestoras em modelo de gestão direta

Alexandra Costa, Carlos Sousa, Francisco Mira, Lucília Marques, Maria João Guerreiro, Mariana Fidalgo, Patrícia Silvério, Paula Freixial, Rita Silva, Miguel Nunes

O recentemente aprovado Regulamento Tarifário do serviço de gestão de resíduos urbanos (RTR) e o projeto (em consulta pública) de Regulamento Tarifário dos serviços de águas consubstanciam-se como novos instrumentos de regulação económica tendentes ao aumento progressivo da eficiência da prestação destes serviços.

31

O projeto iEQTA na AGS: sustentabilidade e resiliência nos serviços de águas residuais

Pedro Ramalho, Nuno Semião, Tatiana Silva, Joana Cassidy, João Feliciano

Este artigo visa apresentar os resultados preliminares da participação da AGS e das suas empresas participadas na iniciativa em Energia, Qualidade e Tratamento de Água (iEQTA) promovida pelo LNEC e o seu contributo na melhoria dos processos internos da organização e no aumento do desempenho dos sistemas.

Go Water
Plataforma Colaborativa para Gestão e Cadastro de Infraestruturas de Água e Saneamento

A Plataforma WEBSIG colaborativa de cadastro e gestão de sistemas de abastecimento de água (AA) e água residuais (AR) (go.WATER) implementadas na CLOUD permite a descrição, a análise, a operação e a manutenção pelas entidades gestoras bem como, uma comunicação ágil com todos os utilizadores, administração e os seus parceiros privados.





CONTENTS

IV. 3 (2019)

05

Life Cycle Assessment of Cemetery Waste of Oporto Region, Portugal

Florinda Martins, Carla Fernandes, Catarina Almeida, Filipe Carneiro

The valorization process of cemetery wastes was studied using the LCA methodology. The process includes sorting of the wastes and sending the different fractions to the most technically suitable solution. The environmental impacts of the existing process and of the waste collection system were determined.

16

Waste heat recovery using thermo - electric generators as a way to harvest energy on waste management facilities

Telmo Machado, Ana L. Pires, Cátia R.S. Rodrigues, Benedita Chaves, Francisco Salgueiro Carpinteiro, André Pereira

On this experiment, a proof of concept of an Energy Harvest Device made with Thermoelectric Generators was developed to recover heat waste from a biogas (derived from landfill) electric generator.

24

The new economic regulation model for municipal entities

Alexandra Costa, Carlos Sousa, Francisco Mira, Lucília Marques, Maria João Guerreiro, Mariana Fidalgo, Patrícia Silvério, Paula Freixial, Rita Silva, Miguel Nunes

Both Waste and Water Tariff Regulation, the former already approved and the latter under public consultation, are embodied as new instruments of economic regulation aiming at improving those services efficiency.

32

iEQTA project in AGS: sustainability and resilience in wastewater services

Pedro Ramalho, Nuno Semião, Tatiana Silva, Joana Cassidy, João Feliciano

This paper aims to present the preliminary results of the participation of AGS and its companies in the initiative for Energy, Water Quality and Treatment (iEQTA) promoted by LNEC, and its contribution for the improvement of the organization internal processes and systems' performance.



Proteger o ambiente é uma responsabilidade de todos. Água e resíduos podem gerar calor, frio, vapor, energia, bioplásticos, biofertilizantes e biocombustíveis. Na Veolia criamos soluções baseadas num melhor desempenho ambiental e económico, contribuindo para um mundo mais sustentável.



Life Cycle Assessment of Cemetery Waste of Oporto Region, Portugal

Florinda Martins^a, *Carla Fernandes*^{b*}, *Catarina Almeida*^b, *Filipe Carneiro*^b

^a REQUIMTE/ISEP, Institute of Engineering, Polytechnic Institute of Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida 431, 4249-015 Porto, Portugal

^b LIPOR, Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, Rua da Morena 805, 4435-746 Baguim do Monte, Portugal

Abstract

The valorization process of cemetery wastes of LIPOR was studied using the Life Cycle Assessment methodology. This process includes sorting of the wastes and sending the different fractions to the most technically suitable solution: green wastes are sent to composting; metals, paper and plastics are sent to recycling processes; some materials are sent to incineration and a residual amount of waste goes to landfill. The environmental impacts of the existing process and of the waste collection system were determined, using IMPACT 2002+. The conclusion of this phase was that globally this process has a very positive effect on the environment. However, negative impacts can be further reduced by optimizing internal routes. The waste collection system has a significant negative impact on environment and in global warming category. Afterwards the environmental impacts of different scenarios (incineration and landfill) were determined and it was possible to conclude that the solution with better environmental performance was the existing process, followed by the incineration both with benefic environmental impact, but the incineration alternative increases global warming. The worst scenario is landfill that has a negative environmental impact and contributes to increase global warming.

Keywords: LCA, Cemetery wastes, composting, incineration, landfill.

doi: 10.22181/aer.2019.0301

* *Corresponding author*

E-mail: Carla.Fernandes@lipor.pt (Carla Fernandes)

Avaliação do Ciclo de Vida dos resíduos de cemitério da região do Porto, Portugal

Florinda Martins^a, Carla Fernandes^{b}, Catarina Almeida^b, Filipe Carneiro^b*

^a REQUIMTE/ISEP, Institute of Engineering, Polytechnic Institute of Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida 431, 4249-015 Porto, Portugal

^b LIPOR, Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, Rua da Morena 805, 4435-746 Baguim do Monte, Portugal

Resumo

O processo de valorização de resíduos de cemitério da LIPOR foi estudado recorrendo à metodologia Avaliação de Ciclo de Vida. Este processo inclui uma operação de triagem e o envio das diferentes frações para o destino mais adequado: resíduos verdes para compostagem; metais, papel e plásticos para reciclagem; alguns materiais para incineração e uma quantidade residual para aterro. Os impactos ambientais do processo existente e do sistema de recolha de resíduos foram determinados usando o IMPACT2002+. A conclusão desta fase foi que globalmente o processo tem um impacto positivo no ambiente. Contudo os impactos negativos podem ser reduzidos ainda mais otimizando as rotas internas. O sistema de recolha de resíduos tem um impacto negativo significativo no ambiente e na categoria aquecimento global. De seguida foram determinados os impactos ambientais de diferentes cenários (incineração com produção de energia e aterro), tendo sido possível concluir que a solução com melhor desempenho ambiental é o processo existente, seguido da incineração, ambos com um impacto benéfico no ambiente, embora a incineração aumente o valor relativo ao aquecimento global. O pior cenário é o aterro com um impacto ambiental global negativo, apresentando também um impacto negativo superior para o aquecimento global relativamente às outras alternativas.

Palavras-chave: ACV, resíduos de cemitério, compostagem, incineração, aterro.

doi: 10.22181/aer.2019.0301

* Autor para correspondência
E-mail: Carla.Fernandes@lipor.pt (Carla Fernandes)

1 Introduction

The increase of population and the industrial revolution contributed to the increase of the generation of wastes. The migration of population to urban centers and modern society life style are other factors that aggravate the problem of solid wastes, increasing their generation and diversity. In 2012 cities generated about 1.3 billion tonnes of solid waste per year and the volume of wastes is going to increase to 2.2 billion tones by 2025 (World Bank 2012). By 2050, 66% of the world population will live in urban areas and municipal waste management will become a challenge since the choice of a given management system affects the environment and the quality of life of inhabitants, what makes this an important issue for local and national governments (Chifari et al. 2016). Waste can cause several environmental impacts such as pollution, water contamination, soil contamination and public health problems. The search for municipal waste management systems, which can decrease environmental and social impacts and are economically feasible, is being carried out in several countries and regions of the World since it can contribute to enhance sustainability (Simões & Marques 2012, Aparcana 2016, Havukainen et al. 2017, Sarra et al. 2017).

The European Union (EU) has introduced many policy instruments and targets since the 1990s. The waste hierarchy presented in the Directive 2008/98/EC (EU 2008) defines priorities for waste prevention and management. However, this hierarchy can be changed if supported by a life-cycle thinking study or if a global approach is used to design the integrated waste management (Herva et al. 2014). Also legislation on specific waste streams, such as packaging, vehicles, electrical and electronic equipment and waste treatment options, such as landfill and others were introduced (EU 1994, 1999, 2000, 2012). Due to the scarcity of resources, waste prevention and management are very important to create a circular economy, which is currently one of the European Union strategies (EEA 2016). However, there is still a long way to achieve sustainable solutions and improve existing systems because in 2011 statistics showed that the EU continued to burn and bury between 60% and 100% of municipal solid waste (MSW) (Hornsby et al. 2017). Waste management is a complex task and it is constituted by several operations such as storage, collection, transport, transfer, sorting, composting, incineration, etc., and several MSW forecasting methods, technologies and decision support systems were studied and developed (UNEP 2005, UNEP 2009, Ghiani et al. 2014, Abbasi & Hanandeh 2016, Melaré et al. 2017).

Life cycle thinking is nowadays a strategy applied in several sectors and the solid waste sector is no exception and it can be an important tool in the decision-making process. Life Cycle Assessment (LCA) is used to determine the environmental impacts (Guinée 2002, Varanda et al. 2011). In solid waste sector, LCA has been used to compare different waste management routes and assess environmental performance (Tarantini et al. 2009, Van Haaren et al. 2010, Beylot & Villeneuve 2013, Boesch et al. 2014, Ferreira et al. 2014, Parkes et al. 2015, Rigamonti et al. 2016, Ripa et al. 2017).

LIPOR – Intermunicipal Waste Management of Greater Porto is responsible for the management, recovery and treatment of the Municipal Waste produced in eight Portuguese' municipalities. Its intervention area represents 1% of the geographical area of Portugal, 10% of the population and 12% of the municipal waste national production.

Adopting an integrated waste management strategy, based on multimaterial, organic and energy recovery, complemented by a landfill and clearly assuming that this approach is carried out from the point of view of resource management, LIPOR concentrates all efforts on the most appropriate valuation of its waste in order to promote sustainability (LIPOR 2013a).

In 2004, it starts the sorting of green waste from cemeteries produced in the LIPOR's municipalities, having been created a platform for reception and separation of those materials. This was a pioneer and innovative process in Portugal.

Currently, LIPOR receives waste from more than 100 cemeteries of those 8 municipalities, resulting in a wide variety of materials with valorization potential, for which LIPOR has a valorization process. In this work LCA methodology was used to determine the environmental impacts and the contribution to climate change of LIPOR's valorization process of cemetery wastes. LCA was also used to compare the environmental impacts of different scenarios (incineration and landfill) with the results for the existing process.

2 Methods

In this section Life Cycle Assessment will be addressed. LCA was performed in four steps, namely goal and scope definition, inventory, impact assessment and interpretation (ISO 2006).

Goal and scope definition. The purpose of this work was to perform a life cycle assessment of the LIPOR's valorization process of cemetery wastes and to compare its environmental impacts with the environmental impacts of other scenarios to manage cemetery wastes. The LCA was performed with a "gate to grave" approach: thus, the system boundary begins at the collection of cemetery wastes. The life cycle of cemetery wastes is presented in Figure 1 and the stages considered for the existing valorization process are inside the line, which establishes the system's boundary.

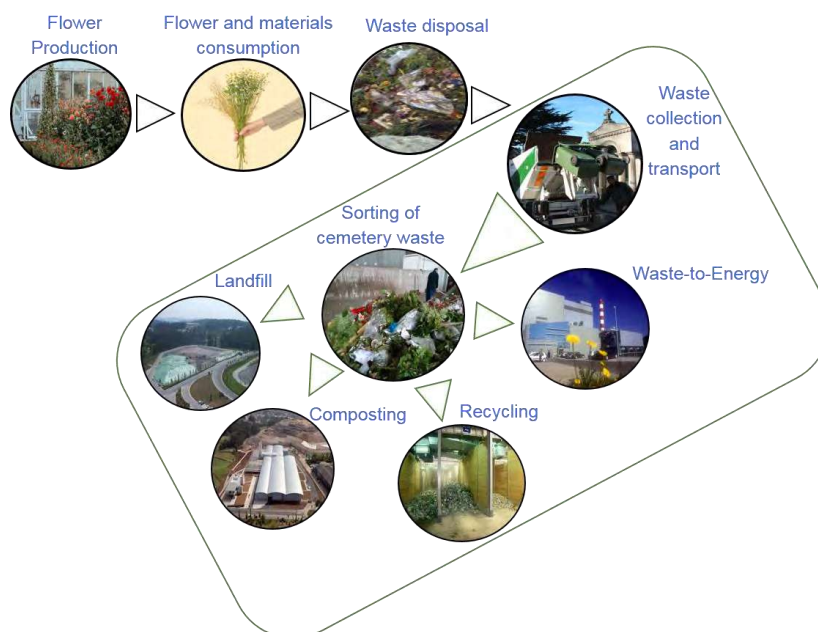


Figure 1. Life cycle of cemetery wastes

Functional unit. The functional unit defined to this study is 1 kg of cemetery waste. In 2013 the production of cemetery solid wastes for the 8 municipalities of LIPOR was 3 270 880 kg.

Figure 2 presents the existing valorization process and the other two scenarios considered (energetic valorization and landfill). In the existing process the landfill disposal is not represent because it corresponds to 0.3% of the total cemetery wastes although its environmental impacts were calculated.

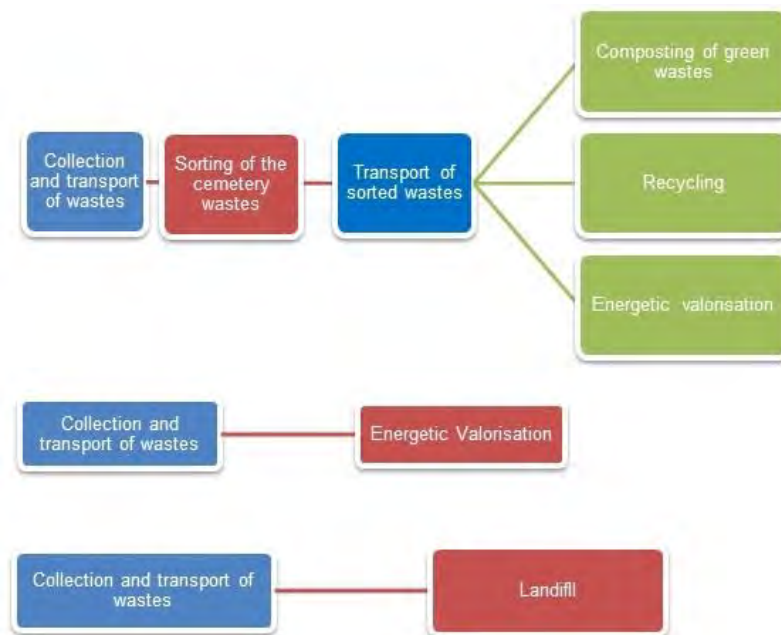


Figure 2. Existing valorization process and other scenarios

In the existing solution 77.2 % of the cemetery wastes are sent to composting, 16.4 % to energetic valorization and the remaining to recycling. In the landfill scenario, the total quantity of cemetery wastes is sent to landfill, and in the energetic valorization the total quantity of cemetery wastes is sent to incineration with energy recovery.

Inventory. In this study 110 cemeteries located in the 8 municipalities of LIPOR were considered. The average distances between the cemeteries of each municipality and LIPOR was estimated and is presented in Table 1. The collection and transportation of wastes are carried out by local authorities and data were gathered for the year 2013. All trucks used in the transport were identified and classified according to the European emission standards (EURO classification). This study was based on primary data given by the operator or available in bibliography and on secondary data given by proper LCI (Life Cycle Inventory) data sets available on SimaPro 8.3.0.0. Operator information was used to determine the environment impacts of the valorization process of cemetery wastes, composting and energetic valorization (LIPOR 2013a, b). Bibliography data (Ntziachristos & Samaras 2012) was important to determine environmental impacts of transport, and data sets of SimaPro were used to determine environmental impacts for transport and all other processes not mentioned before.

Table 2 presents the inputs to the valorization process and Table 3 the outputs of the sorting phase and final disposal of wastes in 2013.

Allocation. In LCA studies the allocation procedure is very important. The system expansion or substitution option is the preferred option in LCA studies about waste management systems. For this method to be applied the system should also deliver co-products besides doing the waste treatment. This was the method applied in this work. The Portuguese electricity production was chosen as the avoided process for the electricity produced in energetic valorization and the fertilizer ammonium nitrate was chosen as the avoided process for the compost produced in composting. For these products the replacement ratio is equal to one as well as for the other recycled materials such as metals, paper and plastics. For glass, the ratio considered was about 1:0.2. All processes considered are for the RER region (Europe) and the avoided processes can be subtracted from the waste treatment process (Zhao et al. 2009).

Table 1. Average distances, number of cemeteries and waste mass collected from each municipality in 2013

Municipalities	Number of cemeteries	Average distance (km)	Number of discharges	Waste mass (kg)	Percentage
Póvoa do Varzim	5	38.4	53	182 740	5.6
Vila do Conde	31	30.8	69	391 660	12.0
Valongo	8	6.9	106	290 880	8.9
Maia	20	14.6	116	548 920	16.8
Porto	8	12.7	379	604 940	18.5
Gondomar	19	17.2	179	604 280	18.5
Matosinhos	14	12.7	152	494 700	15.1
Espinho	5	33.5	53	152 760	4.7
Total	110	-	1107	3 270 880	100.0

Table 2. Inputs of the valorization process in 2013

Waste mass (kg)	Electric energy consumption (kwh)	Diesel consumption (kg)	Water consumption (m ³)
3 270 880	20.8	2 492.6	10

Table 3. Outputs of the sorting platform in 2013

Type of material	Number of discharges	Waste mass (kg)	Percentage	Final disposal
Metals	13	50 040	1.6	Recycling
Candle supports	112	96 780	3.1	Recycling
Packages	21	8 040	0.3	Recycling
Glass	1	7 020	0.2	Recycling
Paper/Cardboard	13	7 700	0.2	Recycling
Plastics	1	22 960	0.7	Recycling
Rejected materials	247	511 740	16.4	Energetic Valorisation
Green wastes	672	2 404 240	77.1	Composting
Others	23	8 920	0.3	Landfill
TOTAL	1 176	3 117 440	100.0	

Impact assessment. The methodology applied was the “IMPACT 2002+” that proposes a feasible implementation of a midpoint in a combined approach to damage. The level categories considered are aggregated in four damage categories: climate change, ecosystem quality (aquatic ecotoxicity, terrestrial ecotoxicity, terrestrial acidification and nitrification, land occupation), human health (ionising radiation, respiratory effects (inorganics), photochemical oxidation, ozone layer depletion, human toxicity) and resources (non-renewable energy and mineral extraction). In this methodology the results are expressed in points due to the normalization which facilitates calculations. A default weighting of 1 was considered, meaning that all categories have the same weight. Figure 3 presents the results of the impact assessment for transport. The overall impact for this process (transport) is 11.2 points and the emissions of CO_{2eq} are 29.6 t for 2013. The damage categories human health and climate change are the ones that presented the highest values which are in accordance with the main inputs and outputs of this process: fuel consumption and air emissions.

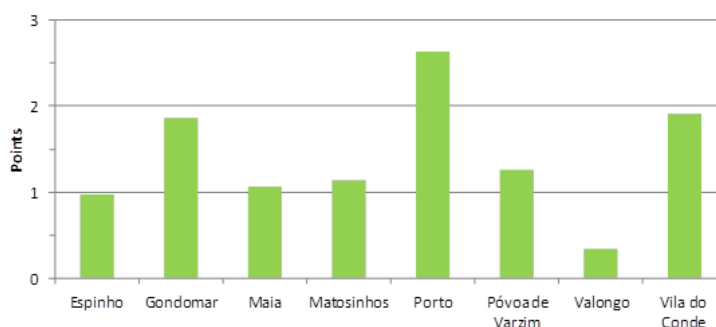


Figure 3. Environmental impacts for waste transport in 2013

Table 4 presents the environmental impacts of the valorization process. The operations that contribute most to the negative environmental impacts are the internal transport (truck), the electricity (sorting line) and the diesel consumption (machine). The composting process, the recycling processes and the energetic valorization have a positive environmental impact, but energetic valorization contributes negatively to climate change category. Overall, the existing valorization process is environmentally beneficial with -631,5 points. The scenario energetic valorization is also environmentally beneficial with -39.8 points but the landfill option is environmentally damaging with 66.6 points.

Table 4. Environmental impacts for the existing process and scenarios

		Total (μ Pt/kg waste)	Climate Change (kg CO _{2eq} /kg waste)
Valorization process	Collection and transport	3.4150	0.0090
	Water consumption	0.0002	9.38x10 ⁻⁷
	Electricity consumption	1.0572	0.0044
	Diesel Consumption	0.7312	0.0019
	Composting	-176.02	-0.9356
	Energetic valorization	-2.4401	0.0137
	Internal transport	0.2798	0.0010
	Recycling Processes	-21.8890	-0.09208
	Landfill	0.0106	3.22x10 ⁻⁵
	External transport	1.7891	0.0077
	Total	-193.066	-0.990
Scenario landfill	Collection and transport	3.4150	0.0090
	Landfill	16.9601	0.1300
	Total	20.3751	0.1390
Scenario energetic valorization	Collection and transport	3.4150	0.0090
	Energetic valorization	-15.5964	0.0876
	Total	-12.1814	0.0966

Note: μ Pt = micropoints

Interpretation and sensitivity analysis. From the analysis of Table 4 it is possible to conclude that the municipality that presents a higher environmental impact for transport is Porto, followed by Vila do Conde and Gondomar, and the same result was obtained for the damage category climate change. But the environmental impacts observed for each municipality are a function of several variables such as distance between the cemeteries and LIPOR, the amount of wastes transported by voyage and the characteristics of the vehicles. It is possible to conclude that there is not always proportionality between the amount of wastes transported and the environmental impacts calculated. Porto generates the highest amount of wastes and presents a medium distance. Gondomar generates almost the same amount of wastes and presents a higher distance, which, conjugated

with the calculated indicator, shows a good efficiency in the use of vehicles (more modern and use of full capacity). Vila do Conde, Póvoa de Varzim and Espinho are municipalities that are located far from LIPOR when compared with the other municipalities, and this greater distance affects greatly the environmental impact due to transport. However, both Póvoa de Varzim and Espinho present a low waste generation.

The existing valorization process is a good option from an environmental point of view, presenting a strong benefic impact on environment. Climate change is very important nowadays and is one of the challenges that should be addressed by all sectors and stakeholders. Considering the category of damage, climate change, the existing solution is also beneficial since it contributes to the mitigation of greenhouse gas emissions. The different scenarios considered are a sensitivity analysis to the different options to manage cemeteries wastes. From the analysis of Table 5 it is possible to conclude that from an environmental point of view the existing valorization process is the best option. The overall indicator for this solution is 16 times better than for energetic valorization. Disposal in a landfill is the worst solution of all, presenting an overall positive indicator, which means that it has damaging environmental impacts. Considering the category of damage climate change, it is possible to conclude that the existing process is by far the best solution because it presents a negative value for the indicator while the other two scenarios present a positive value for this category, although energetic valorization presents an indicator 30% lower than the landfill scenario. In almost all operations of the valorization process the categories of damage that present the highest environmental impacts (positive or negative) are human health and climate change. The same happens for the two scenarios studied.

In LIPOR's existing process the environmental impacts are relatively small. The opportunities found for improving the existing solution were mainly related to the transport of the wastes (load optimization, use of more efficient vehicles, etc.).

The goal of the present work was to carry out a LCA of cemetery wastes. An economic analysis as well as the study of other dimensions such as social and sustainability issues are out of the scope of the present work. However, those other dimensions maybe explored in future works.

3 Conclusions

The results of this study demonstrated that LIPOR's decision concerning the implementation of this innovative process for cemetery wastes in 2004 was the best option from an environmental point of view, presenting environmental benefits and contributing to the reduction of greenhouse gas emissions. In addition, it is a source of raw materials for the composting central (green wastes) and sorting plant (recycling materials).

The operation exclusively managed by LIPOR, the sorting process, does not present many opportunities of improvement since the negative environmental impacts are already low, but the internal routes can be optimized to further reduce the fuel consumption and consequently the negative environmental impacts.

The waste collection system has a significant negative environmental impact, namely in climate change category. Considering this process, it was possible to conclude that the environmental impacts could be reduced, e.g. by using full capacity of vehicles, vehicles of higher EURO classes, vehicles that use fuels with lower environmental impact, etc., opportunities that should be further explored by the local authorities responsible for this process.

References

- Abbasi M., El Hanandeh A. (2016). Forecasting municipal solid waste generation using artificial intelligence modelling approaches. *Waste Management* 56, 13-22.
- Aparcana, S. (2016) Approaches to formalization of the informal waste sector into municipal solid waste management systems in low- and middle-income countries: Review of barriers and success factors. *Waste Management* (in Press).
- Beylot A., Villeneuve J. (2013). Environmental impacts of residual Municipal Solid Waste incineration: A comparison of 110 French incinerators using a life cycle approach. *Waste Management* 33 (12) 2781-2788.
- Boesch M., Vadenbo C., Saner D., Huter C., Hellweg S. (2014). An LCA model for waste incineration enhanced with new technologies for metal recovery and application to the case of Switzerland. *Waste Management* 34 (2) 378-389.
- Chifari R., Lo Piano S., Bukkens S.G.F., Giampietro M. (2016). A holistic framework for the integrated assessment of urban waste management systems. *Ecological Indicators* (in press).
- EEA (2016). *Circular Economy in Europe, Developing the knowledge Base, European Environment Agency Report N°2*. Publications Office of the European Union. ISSN 1977-8449.
- EU (1994). European Parliament and Council Directive 94/62/EC of 20 December 1994 on packaging and packaging waste.
- EU (1999). Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste.
- EU (2000). Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of life vehicles - Commission Statements.
- EU (2008). Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November on waste.
- EU (2012). Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE).
- Ferreira S., Cabral M., Cruz N.F., Simões P., Marques R.C. (2014). Life cycle assessment of a packaging waste recycling system in Portugal. *Waste Management* 34 (9) 1725-1735.
- Ghiani G., Laganà D., Manni E., Musmanno R., Vigo D. (2014). Operations research in solid waste management: A survey of strategic and tactical issues. *Computers & Operations Research* 44, 22-32.
- Guinée J.B. (2002). *Handbook on Life Cycle Assessment – Operational Guide to the ISO Standards*. Kluwer Academic Publishers. ISBN 978-0-306-48055-3.
- Havukainen J., Zhan M., Dong J., Liikanen M., Deviatkin I., Li X., Horttanainen M. (2017). Environmental impact assessment of municipal solid waste management incorporating mechanical treatment of waste and incineration in Hangzhou, China. *Journal of Cleaner Production* 141, 453-461.
- Herva M., Neto B., Roca E. (2014). Environmental assessment of the integrated municipal solid waste management system in Porto (Portugal). *Journal of Cleaner Production* 70, 183-193.
- Hornsby C., Ripa M., Vassillo C., Ulgiati S. (2017). A roadmap towards integrated assessment and participatory strategies in support of decision-making processes. The case of urban waste management. *Journal of Cleaner Production* 142 (1) 157-172.
- ISO (2006). ISO 14040: Environmental management – life cycle assessment – principles and frameworks. International Organization for Standardization. Genève.

- LIPOR (2013a). Sustainability Report. available in <http://www.lipor.pt/en/libraries/>
- LIPOR (2013b). Quantitatives: Statistical Analysis Report LIPOR 2013 available in <http://www.lipor.pt/pt/bibliotecas/>
- Melaré A.V.S., González S.M., Faceli K., Casadei V. (2017). Technologies and decision support systems to aid solid-waste management: a systematic review. *Waste Management* 59, 567-584.
- Ntziachristos L., Samaras Z. (2012). 1.A.3.b Road transport GB2009. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2009. Available in: <http://www.eea.europa.eu/themes/air/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook/emep>
- Parkes O., Lettieri P., Bogle D.L. (2015). Life cycle assessment of integrated waste management systems for alternative legacy scenarios of the London Olympic Park. *Waste management* 40, 157-166.
- Rigamonti L., Sterpi I., Grosso M. (2016). Integrated municipal waste management systems: An indicator to assess their environmental and economic sustainability. *Ecological Indicators* 60, 1-7.
- Ripa M., Fiorentino G., Vacca V., Ulgiati S. (2017). The relevance of site-specific data in Life Cycle Assessment (LCA). The case of the municipal solid waste management in the metropolitan city of Naples (Italy). *Journal of Cleaner Production* 142 (1) 445-460.
- Sarra A., Mazzocchitti M., Rapposelli A. (2017). Evaluating joint environmental and cost performance in municipal waste management systems through data envelopment analysis: Scale effects and policy implications. *Ecological Indicators* 73, 756-771.
- Simões P., Marques R.C. (2012). On the economic performance of the waste sector. A literature review. *Journal of Environmental Management* 106, 40-47.
- Tarantini M., Loprieno A.D., Cucchi E., Frenquellucci F. (2009). Life Cycle Assessment of waste management systems in Italian industrial areas: Case study of 1st Macrolotto of Prato. *Energy* 34 (5) 613-622.
- UNEP (2005) *Integrated waste management scoreboard. A tool to measure performance in municipal solid waste management*. United Nations Environment Programme. ISBN: 92-807-2648-X.
- UNEP (2009). *Developing integrated solid waste management plan, Training Manual Volume 1: Waste Characterization and Quantification with Projections for Future*. United Nations Environment Programme.
- Van Haaren R., Themelis N., Barlaz M. (2010). LCA comparison of windrow composting of yard wastes with use as alternative daily cover (ADC). *Waste Management* 30 (12) 2649-2656.
- Varanda M., Pinto G., Martins F. (2011). Life Cycle Analysis of Biodiesel Production. *Fuel Processing Technology* 92 (5) 1087-1094.
- World Bank (2012). *What a Waste - A Global Review of Solid Waste Management*. Urban Development Series Knowledge Papers.
- Zhao W, van der Voet E., Zhang Y., Huppel G. (2009). Life cycle assessment of municipal solid waste management with regard to greenhouse gas emissions: Case study of Tianjin, China. *Science of the Total Environment* 407 (5) 1517-1526.

Geradores termoelétricos para conversão de calor residual em unidades de tratamento de resíduos

Telmo Machado ^{a *}, Ana L. Pires ^b, Cátia R.S. Rodrigues ^b, Benedita Chaves ^a, Francisco Salgueiro Carpinteiro ^b, André Pereira ^b

^a LIPOR, Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, Rua da Morena, 805, 4435-746 Baguim do Monte, Portugal

^b IFIMUP-IN - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre 1021/1055, 4169-007 Porto, Portugal

Resumo

O tratamento de resíduos urbanos acarreta um consumo energético elevado, no entanto, a melhoria da eficiência dos seus processos pode reduzir em larga escala esse consumo. Os geradores termoelétricos têm vindo a ser usados na indústria para a recuperação de calor residual, mas o seu uso nas unidades de tratamento de resíduos é reduzido. Nesta experiência foram utilizados geradores termoelétricos comerciais para desenvolver um Dispositivo de Recolha de Energia para captação do calor residual libertado pela conduta de exaustão de um moto-gerador a biogás, convertendo-o em energia elétrica. O protótipo foi desenvolvido e depois instalado no moto-gerador que era alimentado pelo biogás produzido no antigo aterro sanitário de Ermesinde. O protótipo foi capaz de produzir $1,22 \text{ W/m}^2$. Os resultados desta experiência mostraram o potencial da aplicação de geradores termoelétricos nos processos de gestão de resíduos, nomeadamente naqueles que tenham perda de energia térmica para o ambiente. Ao capturar esta energia convertendo-a em energia elétrica é possível usá-la para autoconsumo, aumentando a eficiência e reduzindo o consumo de energia elétrica do processo. Este sistema pode ainda alimentar dispositivos da “Internet das coisas”, autoalimentando esses elementos, dispensando baterias.

Palavras-Chave: gerador termoelétrico, moto-gerador biogás, recuperação de calor, valorização energética, aterro sanitário.

doi: 10.22181/aer.2019.0302

* Autor para correspondência
E-mail: telmo.machado@lipor.pt (Telmo Machado)

Waste heat recovery using thermoelectric generators as a way to harvest energy on waste management facilities

Telmo Machado^{a}, Ana L. Pires^b, Cátia R.S. Rodrigues^b, Benedita Chaves^a, Francisco Salgueiro Carpinteiro^b, André Pereira^b*

^a LIPOR, Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, Rua da Morena, 805, 4435-746 Baguim do Monte, Portugal

^b IFIMUP-IN - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre 1021/1055, 4169-007 Porto, Portugal

Abstract

Waste management has a negative impact on the environment, nevertheless an improvement on process efficiency can reduce that impact on a large scale. Thermoelectric generators are used for the recovery of waste heat in different sectors of industry, but its use on waste management processes is scarce. On this experiment, a proof of concept of an Energy Harvest Device made with Thermoelectric Generators was developed to recover heat waste from a biogas (derived from landfill) electric generator. A prototype was developed, built and installed on the exhaust conduct of a biogas burner (from a sealed landfill) generating 1.22 W/m². The results of these tests showed that the potential of energy harvest devices based on thermoelectric generators has a possible application as a power supply to different “Internet of Things” devices. The application of these auto-powered devices on the waste management sector is endless and can lead to the improvement of sustainable development in the sector.

Keywords: thermoelectric generator, biogas generator, energy-harvesting, waste to energy, landfill.

doi: 10.22181/aer.2019.0302

* *Corresponding author*
E-mail: telmo.machado@lipor.pt (Telmo Machado)

1 Introdução

Em 2016 o sector dos resíduos foi responsável pela emissão de 6,473 tCO_{2eq} em Portugal (PORDATA, 2019), sendo que aproximadamente 50% deste valor corresponde às emissões provenientes da utilização de eletricidade para o seu funcionamento. (LIPOR 2017)

Apesar da energia consumida ser utilizada para alimentar equipamentos que permitem o correto tratamento de resíduos, e contribuir para um menor impacto deste sector no ambiente, a eficiência energética é muitas vezes descurada. Isto leva a perdas de energia por vários meios, sendo um deles o calor residual libertado por esses equipamentos. O calor residual é a energia térmica produzida por diferentes processos industriais, e muita dessa energia é perdida para o ambiente sem ser usada (BCS 2008). Todos os anos são perdidos gigawatts hora de calor residual, apresentando uma oportunidade para a melhoria da eficiência do sector industria (Boston et al. 2017).

As características dos materiais termoelétricos possibilitam a conversão direta de calor residual em eletricidade quando expostos a um gradiente de temperatura (Bell 2008). O uso de geradores termoelétricos (GT) como conversores de calor em eletricidade providencia uma forma de recolha de energia do ambiente, disponibilizando-a para diferentes aplicações (Nguyen et al. 2016). Estimativas indicam que todos os anos são perdidos entre 1880 a 4700 GWh em processos industriais, que poderiam ser recuperados através de GT com 2,5% de eficiência de conversão (Boston et al. 2017). Os GT são silenciosos e como não têm partes móveis são extremamente fiáveis, têm custos de manutenção extremamente reduzidos, e não emitem gases de efeito de estufa (Huang and Xu 2017, Martín-González et al. 2013, Tang et al. 2015). Os geradores termoelétricos são usados atualmente em automóveis (recuperação de calor do motor e sistema de escape) em sondas e veículos espaciais, mostrando a diversidade de aplicações que estes sistemas apresentam (X. Liu et al. 2014, Y.-H. Liu et al. 2016, Demir and Dincer 2017).

Apesar de serem reportados usos de elementos termoelétricos em unidades de tratamento de resíduos, este é ainda uma tecnologia pouco aplicada aos processos gestão de resíduos

A LIPOR – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de resíduos gere desde 1982 uma área dividida localizada nos limites dos municípios de Valongo e Gondomar, numa zona urbana, onde gere os resíduos produzidos por 1 milhão de habitantes da área do Grande Porto. O aterro sanitário selado em 2004 produz biogás resultante da decomposição dos resíduos depositados naquele local ao longo de mais de 20 anos. Este biogás é suficiente para alimentar um moto-gerador de eletricidade que produz 1700 MWh injetados na rede elétrica nacional anualmente (LIPOR 2013).

Durante este processo, a conduta de exaustão de moto-gerador a biogás produz grandes quantidades de calor residual (Dudek & Rachwalski 1997), oferecendo uma oportunidade para a utilização de GT adaptados à recolha desse calor convertendo-o em eletricidade. Esta transformação de energia tem sido utilizada para a alimentação de dispositivos de baixo consumo elétrico permitindo sensorizar, monitorizar ou controlar parâmetros em áreas geográficas remotas. Vai-se assim abrindo caminho para a proliferação da tecnologia da área da Internet das coisas e da sua aplicação na gestão de resíduos inteligente e eficiente. A Internet das coisas é uma infraestrutura inteligente, e em rede, que permite que dispositivos como sensores, solenoides ou dispositivos sem fios comuniquem entre si e se conectem para realizar tarefas em cooperação, melhorando a eficiência dos processos (Nguyen et al. 2016).

O presente trabalho consistiu no desenvolvimento e teste de protótipos de GT para uso na condução de exaustão do moto-gerador a biogás da LIPOR, bem como na medição da temperatura do calor libertado pela condução de exaustão de gases.

2 Material e métodos

2.1 Desenvolvimento do dispositivo de recolha de energia (DRE) – prototipagem e testes em laboratório

No laboratório do IFIMUP, na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP), foram testados diferentes elementos termoelétricos cerâmicos para serem usados no protótipo de GT a ser instalado na condução de exaustão do gerador a biogás. O Dispositivo de Recolha de Energia (DRE) era composto por 30 elementos termoelétricos comerciais (cada um com dimensões de 40 mm × 40 mm × 3,5 mm) com a referência TEC1-12706 acoplados a uma placa de alumínio com 20 cm x 50 cm (Figura 1a e b). Para garantir o correto funcionamento dos elementos termoelétricos e maximizar o gradiente de temperatura em todo o dispositivo foi adicionado um dissipador de alumínio (com dimensões de 20 cm x 50 cm) (Figura 1c).

Para monitorizar o gradiente de temperatura foi usada uma câmara fotográfica térmica (FLIR BCAM 9Hz) que possibilitou a visualização do espectro de temperatura e, conseqüentemente, permitiu obter uma média de temperatura entre a superfície do dissipador de alumínio e os elementos termoelétricos.

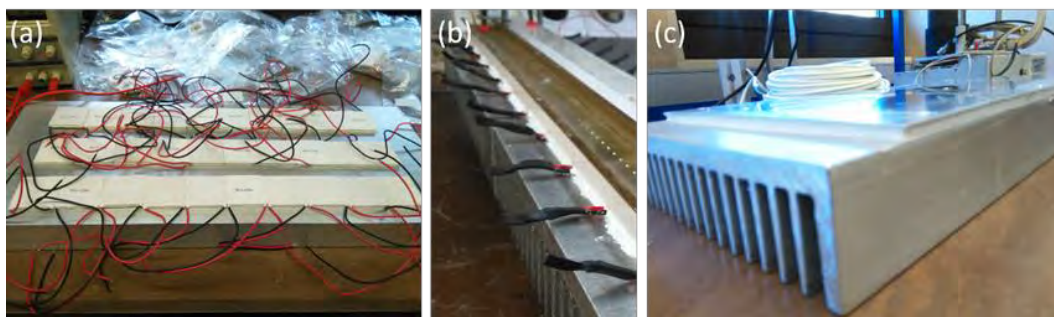


Figura 1. Construção da placa com termogeradores para estar no sistema de queima de gases da LIPOR (a) pormenor da distribuição dos elementos ao longo do dissipador de alumínio; (b) elementos selados com vedante resistente a altas temperaturas; (c) assemblagem final do DRE

O protótipo foi desenhado de forma a interferir o mínimo possível com a condução de exaustão, aumentando a sua adaptabilidade a diferentes medidas de condução e a diferentes sistemas. Usaram-se aitchos metálicos como sistema de fixação, eliminando a necessidade de adaptar ou modificar a condução. Uma vez que a superfície da condução tem uma forma arredondada, o DRE foi construído num formato retangular e alongado, maximizando o contacto entre o dispositivo e a condução. Foi também adicionada pasta térmica para melhorar o contacto entre as duas superfícies.

O protótipo foi testado no laboratório da FCUP em abril de 2016 usando uma fonte de calor a 135 °C, de forma a simular o gradiente disponível na condução de exaustão do gerador a biogás. A tensão e a corrente foram estudadas para diferentes valores de resistências para que a potência gerada pelo DRE fosse determinada. Os estudos de output dos TEGs analisados individualmente apresentaram um regime linear de 0.5 V K⁻¹ com uma resistência interna de 6 ohms.

2.2 Teste em contexto real

Em maio de 2016, após a construção do DRE, foram recolhidos perfis de temperatura da conduta de exaustão para determinar a região ideal para colocação do protótipo, uma vez que a temperatura máxima de operação dos elementos termoeletrícos é de $\sim 140\text{ }^{\circ}\text{C}$. Assim que os espectros de temperatura foram analisados o protótipo foi fixado na conduta de exaustão onde a temperatura da superfície variava entre os $127\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $139\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 2). Numa primeira tentativa de instalação o protótipo foi colocado a 1m de altura da base da conduta, no entanto, a temperatura subiu acima dos $140\text{ }^{\circ}\text{C}$, resultando na avaria do protótipo. O protótipo reparado foi depois instalado a 2m de altura da base da conduta, evitando assim a temperatura elevada encontrada na base.

Foi medida a tensão de saída do dispositivo e registada a temperatura à superfície da conduta de exaustão por um período de aproximadamente 20 horas.

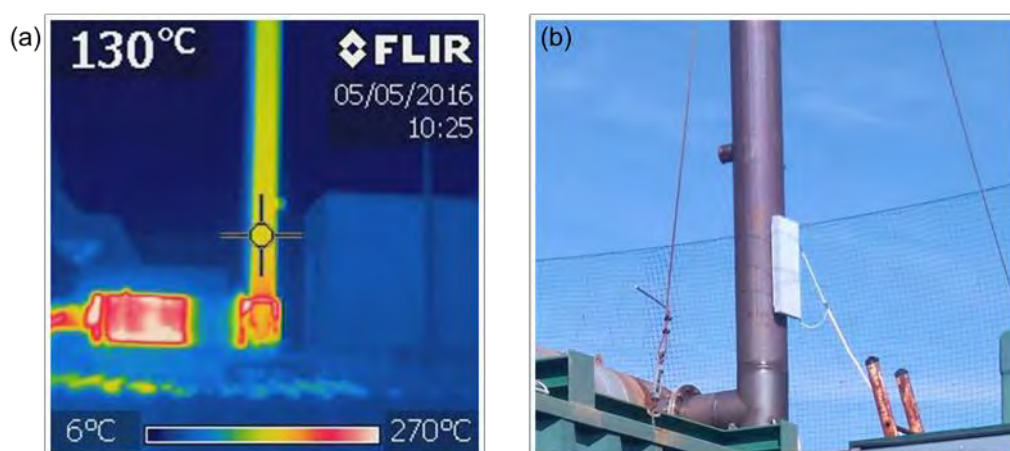


Figura 2. (a) Perfil de temperatura da conduta de exaustão do gerador a biogás; (b) DRE instalado na conduta

3 Resultados e discussão

Após se terem realizado testes em ambiente laboratorial, utilizando as condições semelhantes, mas controladas, do sistema de exaustão, foi realizada a instalação do protótipo de GT em ambiente real. Foi medida a tensão de saída do dispositivo por um período de aproximadamente 20 horas, durante as quais foi registada uma temperatura média entre os 110 e $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ à superfície da conduta de exaustão. O dissipador de alumínio estabilizou a sua temperatura entre os 18 e $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 3).

A máxima tensão em circuito aberto atingida foi de $\sim 22\text{V}$, mas ao longo do tempo a tensão gerada diminuiu devido ao aumento da temperatura no dissipador e, conseqüentemente, o gradiente de temperatura ao longo do DRE diminuiu ligeiramente.

De referir que a eficiência do dispositivo aumentava quando se fazia sentir mais vento no local (dados não apresentados). Isto é expectável uma vez que a dissipação do calor no lado frio do dispositivo faz aumentar o diferencial de temperatura e a eficiência do protótipo, gerando mais tensão.

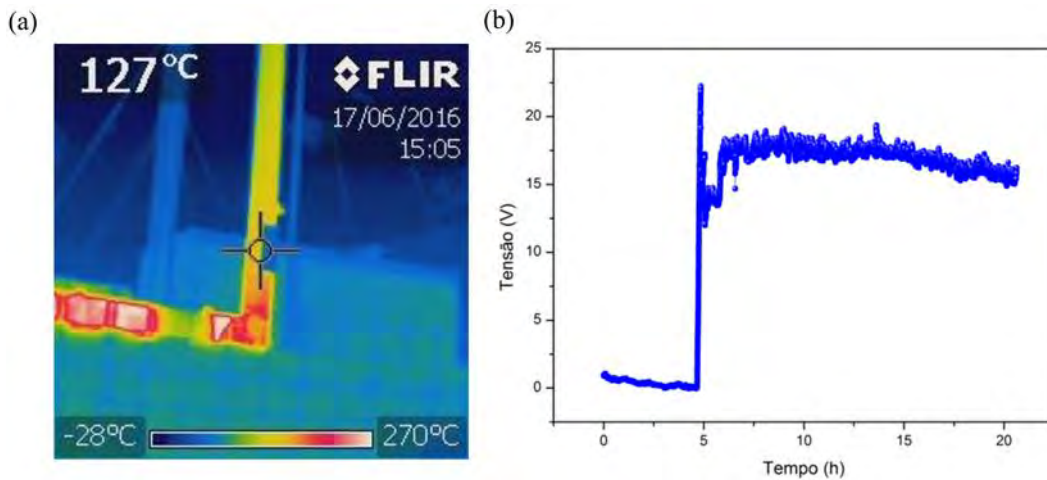


Figura 3. a) Perfil de temperatura da superfície da chaminé do sistema de queima de gases com a placa afixada; (b) tensão gerada pelo DRE na coluna de exaustão

Foi realizado um estudo da tensão e da corrente (Figura 4a) para determinar a potência máxima do DRE. O valor máximo atingido foi de ~122mW com uma corrente e tensão de aproximadamente 37 mA e 4 V, respetivamente (Figura 4a, b). Assim podemos deduzir o valor de 122 W/m², tendo em conta a área de captação de 0,1 m² deste DRE.

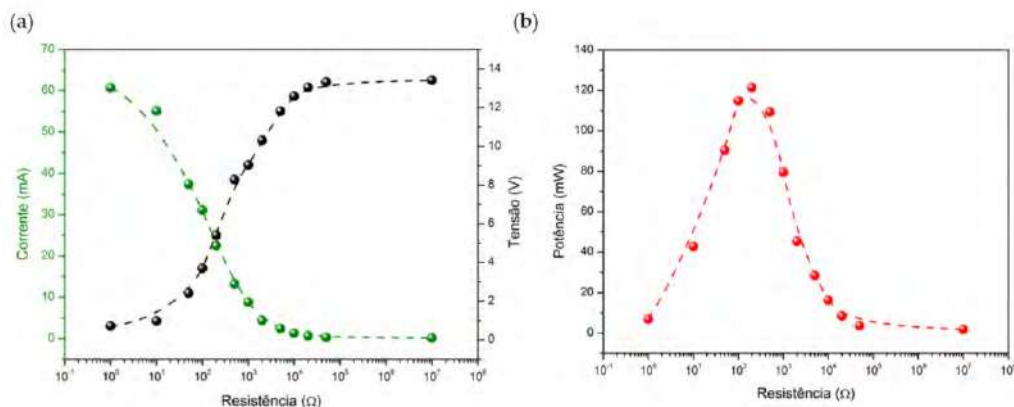


Figura 4. a) Tensão de saída, corrente e (b) potência para diferentes resistências, com a placa de termogeradores na chaminé de queima de gases a ~ 130 °C

Verificou-se que, neste caso em particular, o DRE poderia alimentar um sistema de iluminação ou de comunicação de emergência caso o sistema de alimentação principal deixasse de funcionar - ou em caso de acidente - assegurando que a unidade estaria em constante observação. Mas existem outras possibilidades de aplicação destes dispositivos, sendo uma o uso de DRE para alimentar sensores instalados em compostores (domésticos ou semi-industriais). Estes podem ser colocados dentro dos compostores em funcionamento em habitações unifamiliares, coletivas ou mesmo em zonas industriais, permitindo a comunicação de dados de humidade e temperatura assim que a atividade microbiana estabeleça um gradiente de temperatura. Isto permitiria estimar o fluxo de resíduos orgânicos que são desviados por este método de tratamento.

4 Conclusões

Com este trabalho apresentamos um meio simples e inovador de recolha de energia residual num sistema de gestão de resíduos, preparando o caminho para a instalação de diferentes tipos de sensores e sistemas de comunicação dentro e fora das unidades de tratamento de resíduos. Este tipo de dispositivos pode, em alguns casos, anular a necessidade de baterias. Atualmente a necessidade de substituição de baterias em dispositivos de monitorização remota é obrigatória ao final de alguns ciclos de uso. O DRE apresentado permite assim eliminar essa necessidade, reduzindo os custos de manutenção e substituição de baterias.

Avaliando o número de unidades de tratamento de resíduos semelhantes à apresentada neste estudo, bem como outras unidades que tenham níveis semelhantes de geração de calor residual, tudo indica que o desenvolvimento de sistemas mais robustos, implicando a continuação de estudos nesta área, permite a criação de novos produtos para o mercado que contribuam para a redução de emissões de CO₂.

Como verificado, a potência de saída deste tipo de DRE pode ser suficiente para alimentar dispositivos da “Internet das coisas”. Em locais onde as baterias e os painéis solares não são uma opção, como por exemplo em zonas remotas ou em zonas deslocadas de centros urbanizados, os DRE podem fornecer a energia necessária para assegurar o correto funcionamento das redes de comunicação e/ou de sensores. Este método de “colheita” de energia pode ser aplicado a qualquer processo de gestão de resíduos que produza calor residual, recuperando-o e transformando-o em energia elétrica que pode ser utilizada por diferentes tipos de dispositivo.

Os resultados apresentados neste artigo oferecem um primeiro olhar para a tecnologia de recolha de energia aplicada à gestão de resíduos que, com desenvolvimentos futuros, poderá ser usada para, por exemplo, alimentar dispositivos da Internet das coisas, contribuindo para a sustentabilidade total do setor dos resíduos.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à FCT pelo apoio financeiro através do projeto PTDC/CTM-MAN/5414/2014. Cátia Rodrigues gostaria de agradecer à LIPOR pela bolsa do projeto com a referência CCO 90714. A.M. Pereira agradece o apoio financeiro do projeto NORTE-070124-FEDER-000070. Telmo Machado gostaria de agradecer a Pedro Oliveira da LIPOR e à empresa Painhas pelo apoio no desenvolvimento do projeto.

Referências

- PORDATA (2019). Emissões de gases com efeito de estufa: total e por alguns sectores de emissões de gases. www.pordata.pt, acedido a 10 de janeiro de 2019.
- LIPOR (2017). Gerir Com Responsabilidade é a Nossa Identidade - Relatório de Sustentabilidade. www.lipor.pt, acedido a 20 de julho de 2018.
- BCS Incorporated (2008). Waste Heat Recovery - Technology and Opportunities in U.S. Industry, U.S.A.: U.S. Department of Energy.
- Boston R., Schmidt W. L., Lewin G. D., Iyasara A. C., Lu Z., Zhang H. (2017). Protocols for the Fabrication, Characterization, and Optimization of n-Type Thermoelectric Ceramic Oxides'. Chemistry of Materials 29, 265-80. DOI: 10.1021/acs.chemmater.6b03600

- Bell L. E. (2008). Cooling, heating, generating power and recovering waste heat with thermoelectric systems. *Science* 321, 1457-1461.
- Nguyen T. D., Khan J. Y., Ngo D. T. (2016). Energy Harvested roadside IEEE 802.15.4 wireless sensor networks for IoT applications. *Ad Hoc Networks* 56, 1-13
DOI: 10.1016/j.adhoc.2016.12.003
- Huang S., Xianfan X. (2017). A Regenerative Concept for Thermoelectric Power Generation. *Applied Energy* 185, 119-25. DOI:10.1016/J.APENERGY.2016.10.078
- Martín-González M., Caballero-Calero O., Díaz-Chao P. (2013) Nanoengineering Thermoelectrics for 21st Century: Energy Harvesting and Other Trends in the Field. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 24, 288-305. DOI:10.1016/J.RSER.2013.03.008
- Tang Z. B., Deng Y. D., Su C. Q., Shuai W. W., Xie C. J. (2015). A Research on Thermoelectric Generator's Electrical Performance under Temperature Mismatch Conditions for Automotive Waste Heat Recovery System. *Case Studies in Thermal Engineering* 5, 143-50.
DOI: 10.1016/J.CSITE.2015.03.006
- Liu X., Deng Y. D., Zhang K., Xu M., Xu Y., Su C.Q. (2014). Experiments and Simulations on Heat Exchangers in Thermoelectric Generator for Automotive Application. *Applied Thermal Engineering* 71, 364-370. DOI: 10.1016/J.APPLTHERMALENG.2014.07.022
- Liu Y-H., Chiu Y-H., Huang J-W., Wang S-C. (2016). A Novel Maximum Power Point Tracker for Thermoelectric Generation System. *Renewable Energy* 97, 306-18.
DOI: 10.1016/J.RENENE.2016.05.001
- Demir M. E., Dincer I. (2017) Performance Assessment of a Thermoelectric Generator Applied to Exhaust Waste Heat Recovery. *Applied Thermal Engineering* 120, 694-707.
DOI: 10.1016/J.APPLTHERMALENG.2017.03.052
- Lipor (2013). Relatório de Sustentabilidade
https://www.lipor.pt/bibliotecas/download.php?folder=bibliotecas&f=lipor_rs2013_03jun_694675134538dfeaa5719d.pdf, acedido a 20 de julho de 2018.
- Dudek J., Rachwalski J. (1997). Migration of the landfill gas from waste disposal sites to the adjacent areas. In *Emerging Energy Technology perspectives - A Sustainable Approach*. 165-172. ISBN: 978-93-83083-73-2
- CCME (2009). The biosolids Emissions Assessment Model (BEAM): A Method for Determining Greenhouse Gas Emissions from Canadian Biosolids Management Practices. Final Report. Report prepared by SYLVIS Environmental for the Canadian Council of Ministers of the Environment.
- EA (2009). A low Carbon Industry in 2050. Report SC070010/R3. Resource efficiency programme. Evidence Directorate. Environmental Agency. Bristol. ISBN: 978-1-84911-153-9
- Godinho F.M.S., Matos J.M.S., Duarte E.C.N.F.A., Martins A.M.P. (2014). Greenhouse gas emissions in wastewater treatment: A simulation tool to assess and evaluate mitigation measures. 2014 IWA World Water Congress & Exhibition. Lisboa.
- Godinho F.M.S. (2015). Redução do consumo energético e das emissões de gases com efeito de estufa no tratamento de águas residuais. Um roteiro de ação para entidades gestoras. Tese de Doutoramento. Universidade de Lisboa. Lisboa.
- IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 5 Prepared by the Task Force on National Greenhouse Gas Inventories Programme of the IPCC, Eds. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara and K. Tanabe. The Intergovernmental Panel on Climate Change. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan. ISBN 4-88788-032-4

O novo modelo de regulação económica para entidades gestoras em modelo de gestão direta

*Alexandra Costa, Carlos Sousa, Francisco Mira, Lucília Marques, Maria João Guerreiro, Mariana Fidalgo, Patrícia Silvério, Paula Freixial, Rita Silva, Miguel Nunes**

Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Rua Tomás da Fonseca, Torre G – 8.º piso, Portugal

Resumo

O processo de universalização e reforço da regulação iniciado com a transformação do Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR) em Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), com a integração desta no regime quadro das entidades reguladoras independentes e com a revisão do quadro legal dos sistemas multimunicipais e municipais, surgiu como resposta à evolução do setor, que apresenta já uma maior maturidade e um nível de infraestruturização do País considerado genericamente satisfatório. Nesta medida, a atribuição de responsabilidades acrescidas à entidade reguladora, em linha com a lei-quadro das entidades reguladoras, reforça a necessidade de esta dispor de instrumentos de regulação económica mais adequados que lhe permitam ter uma intervenção eficaz em matéria de fixação de preços num ambiente de eficiência produtiva. Neste contexto, foi aprovado o Regulamento Tarifário do serviço de gestão de resíduos urbanos (RTR) e encontra-se em fase de consulta pública o regulamento tarifário que será aplicável aos serviços de águas, que se consubstanciam como novos instrumentos de regulação económica tendentes ao aumento progressivo da eficiência da prestação destes serviços.

Palavras-Chave: regulação, águas, resíduos, tarifários, regulamentos.

doi: 10.22181/aer.2019.0303

* Autor para correspondência
E-mail: miguel.nunes@ersar.pt (Miguel Nunes)

The new economic regulation model for municipal entities

*Alexandra Costa, Carlos Sousa, Francisco Mira, Lucília Marques, Maria João Guerreiro, Mariana Fidalgo, Patrícia Silvério, Paula Freixial, Rita Silva, Miguel Nunes**

Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Rua Tomás da Fonseca, Torre G – 8.º piso, Portugal

Abstract

Since 2009, the Portuguese Water and Waste Services Regulation Authority (ERSAR) replaced the regulation authority for water and waste services (IRAR) and is now the regulation authority for the entire water and waste sector. In 2014, ERSAR became an independent body with more autonomy and strengthened sanction and regulation powers. The allocation of increased responsibilities to the regulatory authority, in line with the framework law of the regulatory authorities, reinforces the need of more appropriate instruments of economic regulation enabling it to have effective price-fixing intervention in an environment of productive efficiency. In this context both Waste and Water Tariff Regulation – the first already approved, the second currently in public discussion – are embodied as new instruments of economic regulation with the purpose to improve efficiency on those services.

Keywords: regulation, water, waste, tariffs, rules.

doi: 10.22181/aer.2019.0303

* *Corresponding author*
E-mail: miguel.nunes@ersar.pt (Miguel Nunes)

1 Introdução

O processo de universalização e reforço da regulação iniciado com a transformação do Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR) em Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), com a integração desta no regime quadro das entidades reguladoras independentes e com a revisão do quadro legal dos sistemas multimunicipais e municipais, surgiu como resposta à evolução do setor dos serviços de águas e de resíduos, que apresenta já uma maior maturidade e um nível de infraestruturização do País considerado genericamente satisfatório.

Exige-se agora um maior enfoque na gestão das infraestruturas existentes, na eficiência do processo produtivo e numa adequada definição de tarifas.

Nesta medida, a atribuição de responsabilidades acrescidas à entidade reguladora, em linha com a lei-quadro das entidades reguladoras, reforça a necessidade de esta dispor de instrumentos de regulação económica mais adequados que lhe permitam ter uma intervenção eficaz em matéria de fixação de preços num ambiente de eficiência produtiva.

Ao abrigo do artigo 5.º dos Estatutos da ERSAR, aprovados pela Lei n.º 10/2014, de 6 de março, cometem-se à ERSAR as atribuições de regulação económica das entidades gestoras, garantindo a prática de preços que, num ambiente de eficiência e eficácia na prestação do serviço, permitam assegurar a viabilidade económica e financeira dessas entidades e a acessibilidade económica aos serviços, dispondo, para tal, de competência para aprovar regulamentos com eficácia externa em matéria tarifária.

Neste contexto, a ERSAR aprovou o Regulamento Tarifário do serviço de gestão de resíduos urbanos (RTR) e encontra-se a elaborar o regulamento tarifário dos serviços de águas (futuro RTA), que se consubstanciam como novos instrumentos de regulação económica tendentes ao aumento progressivo da eficiência da prestação destes serviços, os quais são dirigidos às respetivas entidades titulares e gestoras, independentemente do modelo de gestão adotado.

Assim, procurou-se dotar o RTR das seguintes características fundamentais, encontrando-se o mesmo articulado com a estratégia definida para o setor:

- **Universalidade:** aplica-se a todas as entidades do setor, quaisquer que sejam as fases da cadeia de valor em que intervêm ou o modelo de governo adotado - em gestão direta, em gestão delegada, incluindo parceria, ou em gestão concessionada - e independentemente da natureza pública ou privada da entidade gestora;
- **Equidade:** as regras de cálculo das tarifas integram mecanismos capazes de promoverem a eficiência produtiva e a sustentabilidade económica e financeira das entidades gestoras num ambiente de crescente otimização de recursos, com preços que salvaguardem, simultaneamente, a acessibilidade económica das populações servidas;
- **Transparência:** o projeto apresentado contempla disposições claras quanto à definição dos conceitos utilizados e quanto ao cálculo, à revisão e à publicitação das tarifas e ainda quanto às respetivas obrigações de prestação de informação, considerando as especificidades dos serviços em função de serem prestados a outras entidades gestoras (atividade em alta) ou a utilizadores finais (atividade em baixa), bem como da titularidade estatal ou municipal.

2 Implicações económicas e financeiras do DL194/2009

A entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de agosto, teve como objetivo, entre outros, a harmonização das estruturas tarifárias das diversas entidades gestoras, de forma a que as tarifas sejam de mais fácil compreensão por parte dos utilizadores, no que respeita à simplicidade e transparência, e a permitir a comparabilidade direta de tarifários.

O seu âmbito de aplicação abrange todas as entidades gestoras dos serviços de águas e resíduos de titularidade municipal, sejam em modelo de gestão direta (serviços municipais e municipalizados), ou seja, sem contrato, sejam em modelo de gestão delegada, ou concessionada, ou seja, com contrato de delegação ou de concessão outorgado entre a entidade titular do serviço, o município, e a entidade gestora do mesmo.

Nos serviços municipais geridos sem contrato a regulação económica também tem como objetivo a promoção da regulação de preços para garantir tarifas eficientes e socialmente aceitáveis, assim como a promoção da sustentabilidade económica e financeira das entidades gestoras.

Para a prossecução dos objetivos atrás referidos a ERSAR desenvolve anualmente um conjunto de atividades que se apresentam esquematicamente na Figura 1.



Figura 1. Ciclo anual de regulação económica

Atualmente, no ciclo anual de revisão tarifária de serviços municipais em modelo de gestão direta, as entidades gestoras que prestem os serviços regulados a utilizadores finais devem até 15 de outubro enviar à ERSAR a proposta tarifária para o período seguinte, com vista à emissão de parecer. Após o parecer emitido pela ERSAR, segue-se a aprovação pelo órgão competente das tarifas a vigorar para o período seguinte. No prazo de 15 dias a entidade gestora deve enviar o tarifário à ERSAR, acompanhado da deliberação que o aprovou.

No caso de entidades gestoras em modelo de gestão direta que prestem o serviço a outras entidades gestoras o calendário para o procedimento de revisão anual do tarifário inicia-se a 1 de agosto.

Até 30 de abril as entidades gestoras devem proceder à aprovação dos documentos de prestação de contas do ano anterior, reportando-os à ERSAR até 15 de maio.

O ciclo de regulação económica está consubstanciado em diversos instrumentos de regulação (ERSAR 2009), que, de forma esquemática, se apresentam na Figura 2.

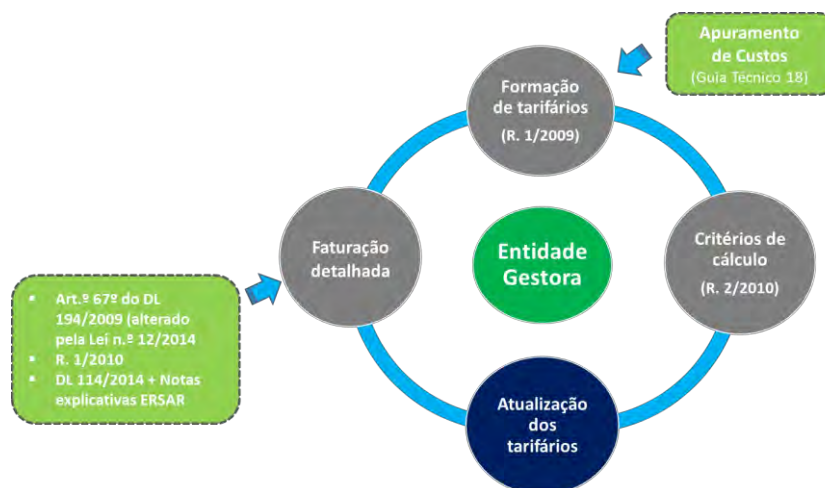


Figura 2. Instrumentos de regulação

A promoção da eficiência na prestação dos serviços implica a otimização dos custos, o que se irá traduzir em tarifas mais eficientes, constituindo esta uma das funções primordiais da regulação. A receita necessária para suportar os custos com a prestação dos serviços poderá advir das formas esquematicamente explicitadas na Figura 3.



Figura 3. Eficiência e financiamento dos serviços

A cobrança de tarifas (T1) constitui a opção preconizada pela Diretiva europeia (princípio do utilizador-pagador) promovendo a equidade e a sensibilização para uma boa utilização da água.

O recurso a receitas fiscais (T2) surge como opção a utilizar quando necessário, pois permite reduzir custos ao consumidor, mas contraria o princípio do utilizador-pagador, sendo desejável que seja utilizado apenas quando se pretende assegurar a acessibilidade económica dos utilizadores, nomeadamente por via do financiamento dos tarifários sociais.

O recurso às transferências (T3) (por exemplo, a fundos comunitários) é uma opção a utilizar sempre que disponível, pois permite reduzir custos ao consumidor.

A redução do T1 à custa do T2 e T3 deve ser uma decisão política das entidades competentes, tendo em conta a necessidade de modelação tarifária (Albuquerque 2017).

Existem diversos tipos de tarifários (Figura 4), todos eles capazes de gerarem as receitas necessárias para cobrir os custos.



Figura 4. Estrutura tarifária

Todavia, caso a entidade gestora opte que a sua estrutura tarifária incorpore apenas uma tarifa de disponibilidade (Figura 4), a entidade gestora estará a beneficiar os grandes consumidores em detrimento dos pequenos consumidores e não permitirá penalizar eventuais desperdícios emitindo sinais errados do ponto de vista ambiental.

No caso de a entidade gestora optar apenas pela tarifa variável (Figura 4), esta não repercute de forma equitativa os custos por todos os consumidores, uma vez que a repercussão dos custos de instalação da rede apenas na tarifa variável onera de forma injusta os consumidores residentes, pois estes acabam por subsidiar os custos de disponibilização do serviço em segundas habitações de utilizadores não residentes.

Assim, a solução mais eficiente e justa para os consumidores será a adoção de uma estrutura tarifária com uma tarifa fixa e uma tarifa variável, correspondentes às componentes fixa e variável. Tendo como princípios que o 1.º escalão da tarifa variável, de utilização do serviço, deve ter como objetivo principal o acesso aos serviços, o 2.º e 3.º escalões a recuperação dos custos e o 4.º escalão a penalização ambiental.

Acresce que para os agregados familiares de menores rendimentos se recomenda a definição de um tarifário social para os serviços de águas nos termos previstos no Decreto -Lei n.º 147/2017, de 5 de dezembro, sendo que o RTR preconiza as mesmas condições para a definição de tarifários sociais do serviço de gestão de resíduos.

No caso de tarifários por escalões progressivos, considerando que os escalões de consumo são definidos tendo por referência a dimensão média de um agregado familiar e captação média associada, deve ser previsto um tarifário específico para famílias numerosas, que realize o ajustamento dos escalões a agregados de maior dimensão.

Outra especificação que poderá existir nos tarifários dos serviços de águas e de resíduos será a existência de um tarifário sazonal admissível em casos concretos de forte sazonalidade em zonas turísticas com escassez hídrica.

Atente-se ainda que o tarifário não deverá prever a cobrança autónoma de atividades inerentes à normal prestação do serviço, como é o caso, a título de exemplo, de

instalação de contadores e de ramais de ligação, assim como a recolha de resíduos volumosos no respetivo sistema público. Para além disso, devem ser eliminadas as distorções como, por exemplo, escalões "zerados" e contadores sobredimensionados.

3 Aplicação dos regulamentos tarifários às entidades gestoras em modelo de gestão direta

Atualmente encontra-se em vigor, desde 2014, através da Deliberação n.º 928/2014, de 15 de abril, o RTR (ERSAR 2014), o qual sofreu uma revisão em 2018, com o Regulamento n.º 52/2018, de 23 de janeiro, publicado no Diário da República 2.ª Série (ERSAR 2018).

Esta revisão visou a simplificação, flexibilização e clarificação de algumas das suas disposições.

Assim, e desde logo no que respeita à simplificação normativa do regulamento, procurou-se corresponder às principais pretensões das entidades gestoras dos serviços de gestão de resíduos urbanos através da uniformização dos procedimentos regulatórios de sistemas de titularidade estatal e municipal, salvaguardando-se, quando necessário, as respetivas especificidades, permitindo, desse modo, eliminar variadíssimos preceitos e tornando mais perceptível o modelo regulatório e respetivos ciclos.

Nesse sentido estabeleceu-se uma estrutura de regulação única aplicável a todo o setor, independentemente da titularidade do sistema e sem prejuízo das especificidades de cada modelo de gestão.

A efetiva implementação deste sistema único beneficia, para os sistemas em modelo de gestão direta, da definição de componentes dos proveitos permitidos totais de referência padronizados por grupos de entidades gestoras homogéneas, ou clusters, com o estabelecimento de limiares mínimos e máximos para os proveitos permitidos totais e respetivas bandas tarifárias, habilitando, desse modo, a dispensa de apresentação de contas previsionais por parte das entidades titulares que fixem as tarifas no intervalo proporcionado pelos referidos limiares, sendo objeto de parecer tácito favorável às mesmas por parte da ERSAR.

Introduziu-se ainda a possibilidade explícita de as entidades titulares subsidiarem tanto os investimentos como a operação dos sistemas, em moldes que asseguram a necessária transparência dos custos do sistema, ou seja, os recuperados por via tarifária dos que são objeto de subsídio.

De referir que, para as entidades gestoras em modelo de gestão direta, o RTR prevê um regime transitório, no qual estas entidades gestoras dispõem de 3 anos, contados a partir da definição e comunicação dos clusters por parte da ERSAR, para assegurar a definição dos proveitos permitidos totais e as tarifas nos termos previstos no RTR. Sendo que, tal como referido anteriormente, o RTR, no n.º 7 do artigo 26.º relativo à definição dos proveitos permitidos, prevê que para os sistemas de titularidade municipal sob gestão direta, a ERSAR pode definir componentes dos proveitos permitidos totais de referência padronizados por clusters. Os quais, pelo n.º 8 do mesmo artigo, são estabelecidos em função de denominadores comuns às várias entidades gestoras neles incluídas e, sem prejuízo da sua publicitação no sítio da internet da ERSAR, são objeto de comunicação às entidades gestoras respetivas para efeito de exercício do direito de audiência prévia.

No caso em que os proveitos tarifários resultantes da aplicação das tarifas definidas pelas entidades competentes se compreendam no intervalo dos limiares dos proveitos permitidos totais comunicados pela ERSAR, as entidades gestoras não terão de

apresentar à ERSAR as respetivas contas previsionais e considera-se haver parecer tácito favorável da ERSAR se no prazo de 5 dias após receção da comunicação nada for transmitido à entidade titular.

No que respeita ao regulamento tarifário de águas (RTA), que se encontra em fase de consulta pública, o mesmo deverá seguir as orientações já emanadas no RTR.

4 Clusters de resíduos

Para os sistemas de titularidade municipal sob gestão direta a ERSAR pode definir componentes dos proveitos permitidos totais de referência padronizados por clusters de entidades gestoras, considerando grupos de entidades homogéneas para efeitos de determinação de custos, e fixar limiares máximos e mínimos para os proveitos permitidos totais.

Os clusters de entidades gestoras do serviço de gestão de resíduos são estabelecidos em função de denominadores comuns às várias entidades gestoras neles incluídas e, sem prejuízo da sua publicitação no sítio da internet da ERSAR, são objeto de comunicação às entidades gestoras respetivas para efeito de exercício do direito de audiência prévia.

Não se encontrando, à data, ainda definidos os componentes dos proveitos permitidos totais de referência padronizados por clusters de entidades gestoras, espera-se que os mesmos possam ser objeto de uma primeira divulgação no primeiro semestre de 2019.

5 Conclusão

Os regulamentos tarifários dos serviços de águas e resíduos manifestam-se como instrumentos basilares para o reforço da regulação económica das entidades gestoras em modelo de gestão direta. Com efeito, apenas a adoção de regras universais comuns a todos os sistemas poderá induzir comportamentos eficientes, por parte das entidades gestoras, e tarifas mais uniformes, na prossecução do princípio da equidade para os utilizadores destes serviços.

Assim, a adoção das regras constantes do já publicado RTR e do futuro RTA, ora em consulta pública, permitirão o estabelecimento de regras claras e objetivas para os serviços de abastecimento de água, saneamento de águas residuais e de gestão de resíduos urbanos, na defesa dos interesses dos utilizadores, a sustentabilidade das entidades gestoras e a salvaguarda do ambiente.

Referências

- Albuquerque A. B. (2017). Formação de Tarifários em Portugal. ERSAR, 2017
- ERSAR (2009). Recomendação 1/2009. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Lisboa, ERSAR.
- ERSAR (2014). Regulamento Tarifário de Resíduos. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Lisboa, ERSAR.
- ERSAR (2018). Revisão do Regulamento Tarifário de Resíduos. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Lisboa, ERSAR.

O projeto iEQTA na AGS: sustentabilidade e resiliência nos serviços de águas residuais

Pedro Ramalho, Nuno Semião, Tatiana Silva, Joana Cassidy,
João Feliciano*

AGS – Administração e Gestão de Sistemas de Salubridade, S.A., Lagoas Park
Edifício 6, piso 0-A, 2740-244 Porto Salvo, Portugal

Resumo

As entidades gestoras (EG) de serviços de água deparam-se atualmente com preocupações crescentes face aos desafios das alterações climáticas, da recuperação de recursos numa lógica de economia circular ou do aumento das exigências legais e das expectativas dos utilizadores do serviço. O desempenho adequado dos serviços de águas residuais e, em especial, das estações de tratamento de águas residuais (ETAR) é um fator crucial para a garantia da qualidade da água devolvida ao meio recetor. Neste sentido, a avaliação de desempenho de ETAR é fundamental para a identificação dos aspetos críticos das instalações de tratamento e para a conseqüente melhoria contínua em termos de eficácia, eficiência e fiabilidade, contribuindo para a sustentabilidade dos serviços de águas e para a manutenção de um serviço de qualidade ao longo do tempo. Este artigo visa apresentar os resultados preliminares da participação da AGS e das suas empresas participadas na iniciativa em Energia, Qualidade e Tratamento de Água (iEQTA) promovida pelo LNEC e o seu contributo na melhoria dos processos internos da organização e no aumento do desempenho dos sistemas.

Palavras-Chave: serviços de águas residuais, gestão patrimonial de infraestruturas, planeamento, avaliação de desempenho, otimização.

doi: 10.22181/aer.2019.0304

* Autor para correspondência
E-mail: pramalho@ags.pt (Pedro Ramalho)

iEQTA project in AGS: sustainability and resilience in wastewater services

Pedro Ramalho, Nuno Semião, Tatiana Silva, Joana Cassidy, João Feliciano*

AGS – Administração e Gestão de Sistemas de Salubridade, S.A., Lagoas Park Edifício 6, piso 0-A, 2740-244 Porto Salvo, Portugal

Abstract

Water utilities are currently facing growing concerns regarding climate change, resource recovery in a circular economy or the increase of legal requirements and users' expectations. The adequate performance of wastewater services, and particularly of wastewater treatment plants (WWTPs), is a crucial factor in ensuring the quality of water discharged to the receiving environment. Therefore, performance assessment of WWTP is key for identifying the critical aspects of treatment facilities and for its continuous improvement in terms of effectiveness, efficiency and reliability, contributing to the sustainability of wastewater services and to support service quality over time. This paper aims to present the preliminary results of the participation of AGS and its companies in the initiative for Energy, Water Quality and Treatment (iEQTA) promoted by LNEC, and its contribution for the improvement of the organization internal processes and systems' performance.

Keywords: wastewater services, infrastructure asset management, planning, performance assessment, optimization.

doi: 10.22181/aer.2019.0304

* *Corresponding author*
E-mail: pramalho@ags.pt (Pedro Ramalho)

1 Introdução

A eficiência dos sistemas urbanos de água constitui, cada vez mais, uma preocupação das entidades gestoras (EG) de serviços de água, especialmente em países como Portugal que, ao longo das últimas décadas, passaram de uma intensa fase de infraestruturização para uma fase de otimização dos serviços. Esta preocupação é reforçada quer pelos desafios colocados às EG no que respeita ao fenómeno das alterações climáticas, ligação água-energia-alimentos ou à necessidade de recuperação de recursos numa lógica de economia circular, quer pelos constrangimentos derivados do aumento das exigências legais e das necessidades e expectativas dos utilizadores do serviço. Na sociedade tecnológica em que vivemos, situações de incumprimento ou de desempenho insatisfatório dos sistemas de água são potencialmente alvo de rápida disseminação através de plataformas tecnológicas e redes sociais, causando prejuízos ao nível da imagem da entidade que gere o sistema.

Neste sentido, é especialmente importante mudar o paradigma de gestão dos sistemas de uma perspetiva reativa para uma perspetiva preventiva que permita obter os níveis de serviço pretendidos (eficácia) com a melhor utilização possível dos recursos (eficiência) disponíveis na entidade. Esta mudança de paradigma é especialmente relevante em estações de tratamento de águas residuais (ETAR), instalações chave para a garantia da conformidade da qualidade da água descarregada no meio recetor e onde o recurso energia adquire um peso relevante em termos do custo operacional da EG.

A avaliação da eficácia e da eficiência das instalações de tratamento é fundamental como ponto de partida para a identificação dos pontos fortes e dos aspetos a melhorar em termos da operação destas instalações, como processo contínuo de monitorização do desempenho e como verificação de eventuais medidas corretivas implementadas.

A AGS é uma empresa vocacionada para a gestão, operação e manutenção de infraestruturas de água e de águas residuais, sendo responsável pela gestão de 11 EG em Portugal e duas no Brasil em regime de Concessão e de Parcerias Público-Privadas. A empresa identificou a operação e manutenção de ETA e ETAR como uma das prioridades ao nível tático, alinhada com os objetivos estratégicos do Grupo, nomeadamente, no que diz respeito à gestão patrimonial de infraestruturas (GPI).

Neste âmbito, a AGS tem vindo a participar em projetos de Investigação e Desenvolvimento (I&D) (AWARE-P, PAST21, iPerdas, iAflui) promovidos pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) com o objetivo de internalizar o conhecimento promovido por estes projetos e dotar as empresas do grupo de boas práticas e de uma sólida cultura técnico-científica ao nível da gestão eficiente e integrada dos sistemas de água e de águas residuais. Com o objetivo de aumentar o conhecimento dos sistemas e de adquirir novas competências para o aumento do desempenho das ETAR que gere, a AGS, em conjunto com a Águas de Gondomar, Águas do Sado e Águas da Serra, está a participar na iniciativa em Energia, Qualidade e Tratamento de Água (iEQTA) promovida pelo LNEC.

A presente comunicação apresenta os resultados preliminares da participação da AGS e das suas empresas participadas na iEQTA, assim como o contributo desta participação na melhoria dos processos internos da organização e no aumento do desempenho dos sistemas.

2 iEQTA – iniciativa em Energia, Qualidade e Tratamento de Água

A iEQTA (<http://ieqta.lnec.pt>) é um projeto colaborativo de 27 meses que decorre entre novembro de 2017 e janeiro de 2020, coordenado pelo LNEC e que tem como principal objetivo promover a sustentabilidade e a resiliência das ETAR e dos serviços urbanos de água das EG participantes na iniciativa. Tem ainda como objetivos específicos:

- apoiar as EG de ETAR na melhoria contínua do seu desempenho;
- apoiar as EG de ETAR na gestão patrimonial destas infraestruturas;
- capacitar os técnicos das entidades participantes;
- promover e facilitar a partilha de conhecimentos e experiências entre os participantes.

A iEQTA conta com a participação de 11 EG nacionais e 23 ETAR com características e contextos diversificados (Silva et al. 2018). O formato de projeto colaborativo adotado na iEQTA, e que tem vindo a ser implementado pelo LNEC (Alegre et al. 2013) em várias áreas de atuação dos serviços urbanos de água (e.g. gestão de perdas de água e energia, gestão patrimonial de infraestruturas, avaliação de desempenho de ETA e ETAR e aflúncias indevidas), tem constituído uma plataforma de partilha de experiências e de conhecimento entre as entidades.

O projeto compreende três temas: 1) avaliação e melhoria do desempenho de ETAR; 2) gestão patrimonial de infraestruturas e 3) formação em tratamento de água e de águas residuais; com três fases cada. Em cada uma destas fases, encontram-se estabelecidos objetivos, conteúdos e atividades específicas a desenvolver. Realiza-se uma reunião plenária no início de cada fase que culmina num *workshop* de acompanhamento do trabalho realizado pelas EG.

3 Participação da AGS na iEQTA

3.1 Casos de estudo

A AGS participa na iEQTA com cinco ETAR de empresas do grupo com o objetivo de avaliar e melhorar o desempenho das instalações de tratamento (tema 1, “ETAR”) e de rever, adaptar e melhorar o plano de gestão patrimonial de infraestruturas de uma EG do grupo no sentido de aumentar a robustez do plano ao incorporar a dimensão do tratamento de águas residuais (tema 2, “GPI”). O Quadro 1 apresenta a capacidade e o nível de tratamento das ETAR geridas pela AGS contempladas como casos de estudo nesta iniciativa de I&D.

Quadro 1. Características dos casos de estudo AGS na iEQTA

ETAR	Capacidade de tratamento (horizonte de projeto)			Nível de tratamento			
	Hab. eq.	Caudal (m ³ /dia)	Carga (kg CBO ₅ /dia)	Preliminar	Primário	Secundário	Terciário
ETAR A	263.107	27.922	13.984	x	x	x	x
ETAR B	100.633	12.000	6.038	x	x	x	
ETAR C	74.748	11.411	4.565	x		x	x
ETAR D	89.266	9.447	5.356	x	x	x	x
ETAR E	35.000	5.600	1.890	x		x	

As ETAR selecionadas apresentam características, realidades e desafios diferentes, encontrando-se dispersas pelo território nacional, de norte e sul e do litoral ao interior. As ETAR totalizam uma capacidade de tratamento de 66.380 m³/d (5.600 a 27.922 m³/d), correspondendo a aproximadamente 563.000 habitantes equivalentes e apresentam diferentes tipos de tratamento (e.g. lamas ativadas, leitos percoladores e reatores *batch* sequenciais) e destinos finais (descarga e/ou reutilização).

3.2 Atividades desenvolvidas

No tema “ETAR”, o trabalho realizado durante a primeira fase incidiu na caracterização das instalações ao nível das suas características (tipo, capacidade e sequência de tratamento) e condições de descarga, na avaliação de desempenho global das ETAR (4.1) através da aplicação de indicadores de desempenho selecionados a partir do sistema de avaliação de desempenho proposto pelo LNEC e na seleção das instalações a considerar na fase seguinte do projeto, onde se irá avaliar o desempenho operacional das instalações e o consumo de energia em cada etapa/uso. Para o efeito foram fornecidos dados históricos das várias instalações de tratamento referentes a qualidade da água, caudais, consumo e produção de energia, consumo de reagentes e produção de lamas, e procedeu-se à avaliação da fiabilidade dos dados fornecidos. Além do trabalho desenvolvido ao nível da avaliação de desempenho global das instalações, a equipa da AGS participou numa sessão de formação e num *workshop* de apresentação dos resultados obtidos à data.

Na vertente “GPI”, o trabalho desenvolvido na primeira fase da iniciativa visava o desenvolvimento de um plano estratégico de GPI. Atendendo que a EG participante neste tema já dispunha deste instrumento de planeamento, elaborado no âmbito das duas edições do programa colaborativo de GPI da AGS (Feliciano et al. 2016a), procedeu-se à análise e revisão do plano existente com o objetivo de aumentar a sua robustez através da incorporação de questões prementes relacionadas com o tratamento, nomeadamente no que respeita ao sistema de avaliação de desempenho estratégico, tanto ao nível de métricas como dos valores de referência que as classificam (4.2). Durante esta fase, procedeu-se à atualização do diagnóstico com dados mais recentes e à revisão das estratégias definidas.

3.3 Sistema de avaliação de desempenho

O sistema de avaliação de desempenho proposto pelo LNEC (Silva et al. 2014, Silva e Rosa 2015, Silva et al. 2016) inclui uma componente de avaliação de desempenho global, baseada em indicadores de desempenho (PI), e uma componente de avaliação de desempenho operacional, baseada em índices de desempenho, que visam avaliar as ETAR nos domínios: qualidade da água residual tratada; eficiência e fiabilidade; utilização de água, energia e materiais; gestão de subprodutos; segurança; recursos humanos; recursos económico-financeiros; e no apoio ao planeamento e projeto.

No âmbito da iniciativa, a avaliação de desempenho global incidiu sobre um conjunto de 22 indicadores (*set4goal*) proposto pelo LNEC focados na eficácia (Silva et al. 2014), eficiência energética (Silva e Rosa 2015) e gestão de lamas (Silva et al. 2016), cobrindo os domínios de avaliação qualidade da água residual tratada, eficiência e fiabilidade, utilização de água, energia e materiais e gestão de subprodutos. Foram ainda considerados dois fatores explicativos que pretendem apoiar a interpretação dos resultados das diferentes métricas. De entre este conjunto, foram selecionados 12 indicadores de desempenho chave (Quadro 2) que visam a avaliação da eficácia e da fiabilidade, da eficiência energética e da gestão de lamas de cada ETAR. A determinação dos indicadores de desempenho realizada pelo LNEC com base nos dados de histórico fornecidos pela AGS permitiu a identificação de situações de bom desempenho e de

desempenho insatisfatório através da comparação dos resultados das métricas com os valores de referência estipulados, podendo estes ser valores absolutos ou definidos a partir de diferentes equações que variam em função do tipo de tecnologia instalada nas ETAR.

Quadro 2. Indicadores chave para a avaliação do desempenho global das ETAR

Objetivo	Código, designação e unidades	Expressão de cálculo
	wtWQ01.1 – Conformidade da água para descarga em n.º de análises realizadas (licença de descarga) (%)	$(\text{Análises realizadas face à licença de descarga} / \text{Análises requeridas na licença de descarga}) \times 100$
	wtWQ02.1 – Conformidade da água para descarga em n.º de parâmetros analisados (licença de descarga) (%)	$(\text{Parâmetros analisados face à licença de descarga} / \text{Parâmetros requeridos na licença de descarga}) \times 100$
Eficácia e fiabilidade (Silva et al. 2014)	wtWQ03.2a – Conformidade da água para descarga relativamente à qualidade (DL 152/97_VP) (%)	$\frac{\sum_{i=1}^m J_i}{m}$ onde, m=parâmetros requeridos (com VP) analisados (DL 152/97); J _i =conformidade da água para descarga relativamente à qualidade estabelecida para o parâmetro “i” (0 a 1; 0=não conforme; 1=conforme)
	wtWQ03.3 – Conformidade da água para descarga relativamente à qualidade (DL 236/98) (%)	$\frac{\sum_{i=1}^p \sum_{k=1}^q J_{ik}}{p \times q} \times 100$ onde, p=parâmetros analisados (com VLE) face ao DL 236/98; q=meses analisados no período de referência; J _{ik} =conformidade da água para descarga relativamente à qualidade estabelecida para o parâmetro “i” no mês “k” (0=não conforme; 1=conforme)
	wtER01 – Eficiência volúmica (%)	$(\text{Água residual tratada} / (\text{Água residual bruta} + \text{Água doce que se transforma em água residual})) \times 100$
Eficiência energética (Silva e Rosa 2015)	wtER08 – Dependência energética do exterior (kWh/m ³)	$(\text{Energia adquirida ao exterior} - \text{Energia vendida ao exterior}) / \text{Água residual tratada}$
	wtRU03.1 – Consumo de energia (kWh/m ³)	$\text{Energia consumida} / \text{Água residual tratada}$
	wtRU03.2 – Consumo de energia (kWh/kg CBO ₅ removido)	$\text{wtRU03.1} / \text{Taxa específica de CBO}_5 \text{ removida}$
	wtBP18 – Produção de energia a partir do biogás (kWh/m ³)	$\text{Energia produzida do biogás} / \text{Água residual tratada}$
Gestão de lamas (Silva et al. 2016)	wtBP01.1 – Produção de lamas (kg/m ³)	$\text{Lamas produzidas} / \text{Água residual tratada}$
	wtBP01.2 – Produção de lamas (kg/kg CBO ₅ removido)	$\text{wtBP01.1} / \text{Taxa específica de CBO}_5 \text{ removida}$
	wtBP08 – Matéria seca das lamas produzidas (%)	Percentagem de matéria seca nas lamas produzidas
Fatores explicativos (Silva e Rosa 2015)	wtFE03 – Razão CBO ₅ removida/Água residual tratada (kg CBO ₅ /m ³)	$\text{CBO}_5 \text{ removida} / \text{Água residual tratada (CBO}_5 \text{ in e out)}$
	wtFE04 – Razão CQO removida/Água residual tratada (kg CQO/m ³)	$\text{CQO removida} / \text{Água residual tratada (CQO in e out)}$

4 Resultados preliminares

4.1 Avaliação de desempenho global das ETAR

Na vertente “ETAR”, procedeu-se à aplicação dos indicadores chave do sistema de avaliação de desempenho global para as cinco instalações da AGS participantes na iniciativa para o período de 2015 a 2017. Nesta secção apresentam-se os resultados mais revelantes dessa avaliação, apresentando-se também a avaliação qualitativa em termos de desempenho bom (verde), aceitável (amarelo) e insatisfatório (vermelho).

A avaliação da conformidade da água residual tratada foi efetuada em termos do número de análises (wtWQ01.1) e de parâmetros analisados (wtWQ02.1) face à licença de descarga e em termos de qualidade face ao decreto-lei (DL) 152/97 (wtWQ03.2a) e DL 236/98 (wtWQ03.3). De notar que os indicadores wtWQ01.1 e wtWQ02.1 consideram todas as análises de controlo operacional e não apenas as análises de controlo de conformidade da licença de descarga. A Figura 1 e a Figura 2 apresentam os resultados da avaliação da conformidade em termos de número de análises, parâmetros analisados e qualidade face aos requisitos legais aplicáveis.

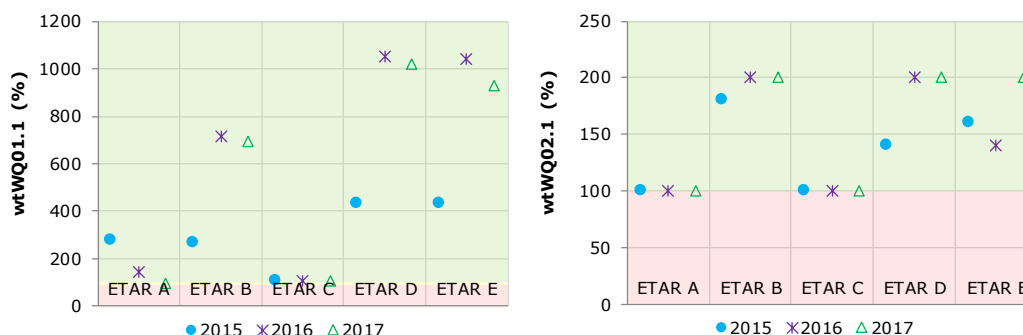


Figura 1. Conformidade em termos de número de análises e de parâmetros analisados

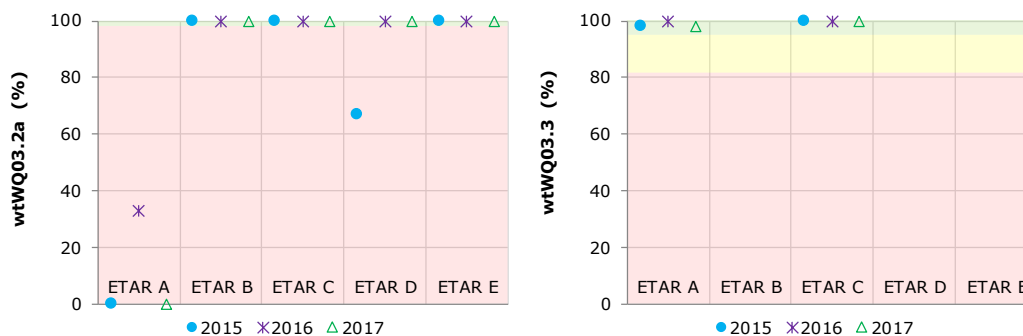


Figura 2. Conformidade em termos de qualidade da água residual tratada

Os resultados dos indicadores de conformidade da água residual tratada indicam que existe cumprimento em termos de análises realizadas e de parâmetros analisados, evidenciando, regra geral, a existência de uma frequência de amostragem superior à requerida na licença de descarga das ETAR analisadas. Em termos de qualidade da água residual tratada verifica-se que, à exceção de uma das ETAR estudadas, é garantida a conformidade com os critérios de descarga estabelecidos no DL 152/97. A ETAR "A" demonstra problemas de eficácia ao não garantir, de forma consistente, o cumprimento em termos de CBO₅, CQO e SST, estando ligeiramente acima do desvio permitido pelo DL 152/97. Este facto deve-se, em parte, à contribuição das águas residuais industriais tratadas por esta instalação.

A eficiência energética foi avaliada através de um conjunto de indicadores que quantificam o consumo específico (wtRU03.1 e wtRU03.2) e a produção (wtBP18) de energia e a dependência energética do exterior (wtER08). A Figura 3 apresenta o consumo de energia nos casos de estudo por volume de água residual tratada e por CBO₅ removido.

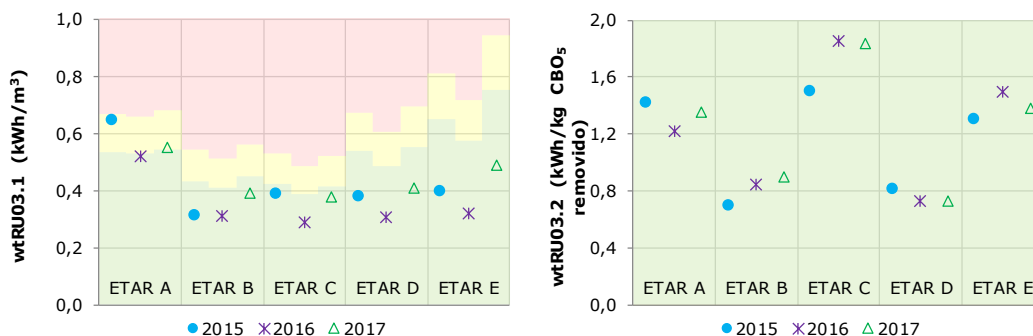


Figura 3. Consumo específico de energia nas ETAR analisadas

O consumo específico de energia por volume de água residual tratada nas ETAR analisadas encontra-se dentro das gamas definidas como bom desempenho, tendo em consideração os valores de referência, os quais diferem em função do tipo de tecnologia instalada e do volume tratado (Silva e Rosa 2015). Apenas a ETAR “A” apresenta um desempenho aceitável em dois dos anos analisados. Em termos do consumo de energia por kg de CBO₅ removido, verifica-se que todas as instalações apresentam um bom desempenho ao longo do período em análise.

A avaliação da gestão de lamas foi efetuada com recurso aos indicadores de produção de lamas por volume de água tratada (wtBP01.1) e por quantidade de CBO₅ removido (wtBP01.2), conforme se apresenta na Figura 4, e com recurso ao indicador de teor de matéria seca das lamas produzidas (wtBP08) (Silva et al. 2016). A avaliação qualitativa do desempenho foi efetuada através da comparação com os valores de referência definidos para cada *cluster* de tipo de tratamento de lamas.



Figura 4. Lamas produzidas nas ETAR analisadas

Os resultados da produção específica de lamas por volume de água residual tratada demonstram que a ETAR “A” apresenta um desempenho insatisfatório. Os maiores volumes de produção de lamas nesta ETAR em 2015 e 2016 estão associados a menores valores do teor em matéria seca das lamas produzidas (wtBP08, 15% em 2015 e 16% em 2016). A produção de lamas por CBO₅ removido apresenta uma tendência semelhante em termos de desempenho, identificando-se a ETAR “A” como a que apresenta maiores oportunidades de melhoria. Esta situação é extensível aos objetivos Eficiência energética e Eficácia e fiabilidade, onde a ETAR “A” apresenta ainda aspetos a melhorar (Figura 5).



Figura 5. Avaliação qualitativa do desempenho global da ETAR “A”

Globalmente, as ETAR analisadas apresentam um comportamento satisfatório (Quadro 3), sobretudo em termos dos objetivos eficácia e fiabilidade e eficiência energética. O objetivo de gestão de lamas apresenta um desempenho menos positivo, devendo as EG dirigir esforços no sentido de aumentar o teor em matéria seca das lamas e diminuir a quantidade de lamas produzidas através da análise das condições operacionais da fase sólida. Verifica-se também um aumento do desempenho global de 2015 para 2016, embora no ano de 2017 tenha havido uma ligeira diminuição do desempenho global.

Quadro 3. Avaliação de desempenho global das cinco ETAR participantes

(N.º instalações com desempenho ● insatisfatório; ● satisfatório; ● bom; ● não aplicável/não determinado)

Objetivo	Código, designação e unidades	2015	2016	2017
Eficácia e fiabilidade	wtWQ01.1 – Conformidade da água para descarga em n.º de análises realizadas (licença de descarga) (%)	5	5	1 4
	wtWQ02.1 – Conformidade da água para descarga em n.º de parâmetros analisados (licença de descarga) (%)	5	5	5
	wtWQ03.2a – Conformidade da água para descarga relativamente à qualidade (DL152/97_VP) (%)	2 3	1 4	1 4
	wtWQ03.3 – Conformidade da água para descarga relativamente à qualidade (DL 236/98) (%)	2 3	2 3	2 3
	wtER01 – Eficiência volúmica (%)	5	5	5
Eficiência energética	wtER08 – Dependência energética do exterior (kWh/m ³)	5	5	1 4
	wtRU03.1 – Consumo de energia (kWh/m ³)	1 4	5	1 4
	wtRU03.2 – Consumo de energia (kWh/kg CBO ₅ removido)	5	5	5
	wtBP18 – Produção energia a partir do biogás (kWh/m ³)	5	1 4	1 4
Gestão de lamas	wtBP01.1 – Produção de lamas (kg/m ³)	2 3	1 1 3	1 1 3
	wtBP01.2 – Produção de lamas (kg/kg CBO ₅ removido)	2 3	1 4	1 4
	wtBP08 – Matéria seca das lamas produzidas (%)	2 1 2	2 1 2	2 1 2

4.2 Plano estratégico de gestão patrimonial de infraestruturas

Na vertente “GPI”, a revisão do plano estratégico de uma das EG participantes incidiu, sobretudo, na incorporação do consumo de energia das ETAR no plano e na revisão do diagnóstico com dados de anos mais recentes. O Quadro 4 apresenta o sistema de avaliação de desempenho estratégico, assente nos objetivos estratégicos do regulador (ERSAR 2009, 2012 e 2018), e os resultados no período 2015-2017. O sistema de avaliação foi maioritariamente baseado em métricas de desempenho, custo e risco do sistema de avaliação do regulador. Foram também selecionadas métricas de outros sistemas para quantificar preocupações específicas da EG relativamente aos ativos físicos e humanos (Feliciano et al. 2016b) e ao consumo de energia nas ETAR.

Além do consumo de energia, foram identificadas outras questões relevantes que constituem preocupações da EG e que deverão ser incluídas ao nível estratégico, nomeadamente no que respeita à adaptação e resiliência às alterações climáticas (e.g. emissão de gases de efeito de estufa ou autossuficiência energética) e economia circular (e.g. recuperação de nutrientes ou reutilização de água). Contudo, ainda não é possível à EG em questão dispor de dados fiáveis que permitam determinar as métricas que suportem a avaliação destas preocupações, estando em análise formas de aquisição destes dados.

Quadro 4. Sistema de avaliação de desempenho e diagnóstico a nível estratégico

Objetivos estratégicos	Crítérios de avaliação	Métricas (código, designação e unidades)	Fonte	2015	2016	2017	
Sustentabilidade da entidade gestora	Sustentabilidade infraestrutural	AR07 (2. ^a G) – Adequação da capacidade de tratamento (%)	ERSAR 2012	90	47	78	
		dAR45 (2. ^a G) – Índice de conhecimento infraestrutural e de gestão patrimonial (-)	ERSAR 2012	90			
		dAR40 (3. ^a G) – Índice de conhecimento infraestrutural (-)	ERSAR 2018		97	112	
		dAR41 (3. ^a G) – Índice de gestão patrimonial de infraestruturas (-)	ERSAR 2018		152	175	
		AR03a – Ocorrência de inundações [N.º/(100 km coletor.ano)]	ERSAR 2018	3,2	0	0	
	Eficiência na utilização de recursos humanos	Sustentabilidade económica	IVI – Índice de Valor da Infraestrutura (ativos lineares) (-)	Alegre 2008		0,81	0,79
			AC – Análise de Condição Global (ativos verticais) (-)	Entidade Gestora		1,48	1,48
		Sustentabilidade económica	AR09a (3. ^a G) – Adequação dos recursos humanos [N.º/(10 ⁶ m ³ .ano)]	ERSAR 2018	4,3	3,2	4,5
			ISA – Índice de Seniorização Ativa (-)	Feliciano et al. 2016b		0,58	0,54
			AR05 – Cobertura dos gastos (%)	ERSAR 2012	152	149	n.d.
Proteção do ambiente	Limitação e minimização das descargas	AR12 (3. ^a G) – Controlo de descargas de emergência (%)	ERSAR 2018	92	100	100	
		Tratamento de águas residuais	AR14 (3. ^a G) – Encaminhamento adequado de lamas do tratamento (%)	ERSAR 2018	100	100	100
	Eficiência no uso de recursos ambientais	AR10 (3. ^a G) – Eficiência energética de instalações elevatórias [kWh/(m ³ .100m)]	ERSAR 2018	0,68	0,75	0,72	
		wIRU03 – Consumo de energia nas ETAR (kWh/m ³)	Silva e Rosa 2015	0,22	0,16	0,21	
		AR14 (2. ^a G) – Análises de águas residuais (%)	ERSAR 2012	100			
	Prevenção e controlo da poluição	AR15 (2. ^a G) – Cumprimento dos parâmetros de descarga (%)	ERSAR 2012	95			
		AR13 (3. ^a G) – Cumprimento da licença de descarga (%)	ERSAR 2018		99,0	99,7	
Satisfação das necessidades e expectativas dos utilizadores	Satisfação dos utilizadores pelo serviço prestado	AR01 (3. ^a G) – Acessibilidade física do serviço (%)	ERSAR 2018	100	100	100	
		AR04 (3. ^a G) – Resposta a reclamações e sugestões (%)	ERSAR 2018	100	100	100	
		SGQ – Inquérito de satisfação do cliente (-)	Entidade Gestora	4,17	4,67		

Com base nos resultados do diagnóstico foram definidas estratégias infraestruturais e não infraestruturais, com o objetivo de minimizar ou solucionar os problemas identificados. As estratégias infraestruturais incluem a reabilitação faseada das ETAR, o aumento da vida útil dos equipamentos e instalações, a promoção da eficiência energética de instalações elevatórias e de tratamento e a promoção da redução de aflúências pluviais à principal ETAR da EG. Por outro lado, as estratégias não infraestruturais visam a melhoria da qualidade dos dados e da informação para apoio à gestão operacional e à tomada de decisão (e.g. promover o *upgrade* da telegestão do sistema das ETAR).

5 Considerações finais

Na presente comunicação apresentaram-se os resultados preliminares produzidos durante a primeira fase da iEQTA nos temas “ETAR” e “GPI”. A aplicação de indicadores chave do sistema de avaliação de desempenho global a cinco ETAR do grupo AGS permitiu identificar aspetos a melhorar em cada instalação em termos de eficácia e fiabilidade, eficiência energética e gestão de lamas. Da análise realizada resultou que a ETAR “A” é a que apresenta um maior potencial de melhoria, nomeadamente no que respeita à qualidade da água residual tratada, consumo de energia e gestão de lamas.

A aplicação do sistema de avaliação a cada ETAR e a conseqüente comparação com outras instalações com tecnologias instaladas semelhantes revelou-se de grande utilidade na medida em que permite identificar claramente os aspetos alvo da melhoria contínua por parte das entidades. Numa lógica de gestão patrimonial de infraestruturas foi especialmente importante poder identificar novos aspetos que devem merecer a análise e a reflexão das entidades (e.g. resiliência às alterações climáticas e economia circular) sobretudo do ponto de vista de planeamento de longo prazo (planeamento estratégico).

Durante as próximas fases da iniciativa espera-se aprofundar os temas desenvolvidos. No tema ETAR, será dado especial foco à avaliação de desempenho operacional de ETAR que irá permitir definir com maior rigor as medidas de melhoria para o desempenho das instalações. No tema GPI, as próximas fases serão dedicadas ao desenvolvimento dos planos tático e operacional, beneficiando do conhecimento adquirido no tema ETAR, de forma a identificar e priorizar as soluções de intervenção a realizar no curto e médio prazo que permitam aumentar a sustentabilidade e a resiliência nos serviços de águas residuais.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à equipa do LNEC pela disponibilidade, apoio e conhecimento partilhado ao longo da iniciativa. Os autores gostariam ainda de agradecer aos colegas da Águas de Gondomar, Águas do Sado e Águas da Serra pela permanente disponibilidade e colaboração nas tarefas do projeto.

Referências

- Alegre H. (2008). Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais. Teses e Programas de Investigação LNEC. Lisboa, Portugal. ISBN 978-972-49-2134-1. 428 p.
- Alegre H., Coelho S.T., Feliciano J., Matos R. (2013). Boosting innovation in the water sector – the role and lessons learned from collaborative projects. *Water Science & Technology: Water Supply* 72(9), 1516-1523.
- ERSAR (2009). Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores. 1.ª Geração do sistema de indicadores de qualidade do serviço. Guia Técnico n.º 12. ERSAR & LNEC, Lisboa, Portugal. ISBN: 978-989-8360-11-3. 175 p.
- ERSAR (2012). Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores. 2.ª Geração do sistema de indicadores de qualidade do serviço. Guia Técnico n.º 19. ERSAR & LNEC, Lisboa, Portugal. ISBN: 978-989-8360-11-3. 241 p.

- ERSAR (2018). Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores. 3.ª Geração do sistema de avaliação. Guia Técnico n.º 22. ERSAR & LNEC, Lisboa, Portugal. 351 p.
- Feliciano J., Almeida R., Ganhão A., Santos A., Ramalho P. (2016a). Desafios e oportunidades na implementação de planos de gestão patrimonial de infraestruturas. 17.º Encontro Nacional de Saneamento Básico. Guimarães, Portugal. 8 p.
- Feliciano J., Almeida R., Santos A., Ramalho P., Ganhão A., Covas D., Alegre H. (2016b). Assessing human resources renovation needs in water utilities. *Water Practice & Technology* 11 (4), 728-735.
- LNEC (2018). Iniciativa em Energia, Qualidade e Tratamento de Água. Sítio do projeto. <http://ieqta.lnec.pt>. Acedido em maio de 2018.
- Silva C., Matos J.S., Rosa M.J. (2016). Performance indicators and indices of sludge management in urban wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Management* 184(2), 307-317.
- Silva C., Quadros S., Ramalho P., Rosa M.J. (2014). A tool for a comprehensive assessment of treated wastewater quality. *Journal of Environmental Management* 146, 400-406.
- Silva C., Rosa M. J. (2015). Energy performance indicators of wastewater treatment - a field study with 17 Portuguese plants. *Water Science and Technology* 72 (4) 510-519.
- Silva C., Rosa M. J. (2018). Avaliação de desempenho global de 23 ETAR no âmbito do projeto iEQTA. 18.º Encontro Nacional de Saneamento Básico/18.º Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto, Portugal. 8 p.

QUALIDADE **SEGURANÇA** PROTECÇÃO AMBIENTAL



NORS
www.nors.com

“Para compreender realmente o desempenho dos nossos camiões num acidente real, experimentamos primeiro. Uma e outra vez.”

Faz tudo parte da visão da Volvo para um futuro sem acidentes.

Saiba mais em www.volvotrucks.com.pt

/AutoSueco





Empresa portuguesa com um perfil fortemente exportador e um footprint geográfico em mais de 65 países, a Efacec esta presente no desenvolvimento de infraestruturas para importantes sectores da actividade económica - Power Energy, Environment & Industry, Mobility & Transportation.

O portfolio da empresa inclui transformadores, aparelhagem eléctrica, automação e servicing, soluções turnkey para os sectores de Contracting de Energia, Ambiente & Industria e Transportes e uma gama completa de soluções de carregamento para Veículos Eléctricos.

Particularmente focada no desenvolvimento de produtos e sistemas com forte valor acrescentado para a chamada green economy a Efacec desenvolve actividades no ambito das energias renováveis e das smart cities para as quais contribui com produtos, infraestruturas e sistemas de gestão de carregamento de veículos eléctricos e soluções para smart grids, nomeadamente contadores inteligentes, sistemas de gestão da iluminação pública e de telecontrolo de energia, entre outras.



Contribuir para a qualidade de vida de todos é uma missão que a Lipor assume diariamente. Com a ajuda e o empenho de todos, a Lipor e os seus Municípios Associados receberam 66.339 toneladas de materiais separados pelos cidadãos (+9,40% relativamente a 2017).

Juntos criámos um movimento imparável! Um pequeno gesto. Uma grande atitude!

Ano	Papel e Cartão	Vidro	Plásticos e Metais	Outros Materiais*	Emissões de CO ₂ Evitadas
2018	16.692 t	19.184 t	13.144 t	17.319 t	36.826,01 t

*MISTURAS NÃO METÁLICAS + MADEIRAS + REEE + PILHAS + BATERIAS + LÂMPADAS + TINTeiros + Toners + Óleos Alimentares Usados

DADOS RETIRADOS DO OBSERVATÓRIO DE RESÍDUOS LIPOR. SAIBA MAIS EM WWW.LIPOR.PT - OBSERVATÓRIO DE RESÍDUOS LIPOR



BEBA ÁGUA DA TORNEIRA

Faz bem à saúde

Está disponível 24/24H

Ajuda a controlar o peso e a evitar derrames cerebrais ou ataques cardíacos

É controlada e segura (analisada diariamente)

É 1000 vezes mais barata que a água engarrafada

É mais amiga do ambiente

Hidurbe
Serviços

Valorizamos
o seu futuro

Rua Padre António, 232, 5.º - Sala 5.3 | 4470-136 Maia - Portugal | www.hidurbe.pt

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

P.PORTO

**ENGENHARIA
DO FUTURO**

www.isep.ipp.pt

**LICENCIATURAS
MESTRADOS
PÓS-GRADUAÇÕES**

**INVESTIGAÇÃO
PRESTAÇÃO
DE SERVIÇOS**

- L M BIORRECURSOS
- M ENERGIAS SUSTENTÁVEIS
- L ENGENHARIA BIOMÉDICA
- L M ENGENHARIA CIVIL
- M ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO MÉDICA
- L ENGENHARIA DE SISTEMAS
- L M ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL
- L M ENGENHARIA ELETROTÉCNICA E DE COMPUTADORES
- L M ENGENHARIA ELETROTÉCNICA - SISTEMAS ELÉTRICOS DE ENERGIA
- L M ENGENHARIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTE
- L M ENGENHARIA INFORMÁTICA
- L M ENGENHARIA MECÂNICA
- L ENGENHARIA MECÂNICA AUTOMÓVEL
- L M ENGENHARIA QUÍMICA
- M MATEMÁTICA APLICADA À ENGENHARIA E ÀS FINANÇAS
- M PRÁTICAS DO DESENVOLVIMENTO



Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431
4249-015 Porto

t. 228 340 500
f. 228 321 159
www.isep.ipp.pt





Instruções para a submissão de trabalhos

A revista Águas & Resíduos publica trabalhos com arbitragem científica em todas as áreas de engenharia sanitária e ambiental, designadamente, projetos de engenharia, trabalhos de ciência e tecnologia, política, gestão, economia, saúde, direito, sociologia e comunicação. Trabalhos sobre teses de doutoramento e mestrado, projetos de I&D&I (investigação, desenvolvimento e inovação) e projetos de implementação à escala real são particularmente encorajados.

As instruções para os autores e o template para a formatação estão disponíveis em http://publicacoes.apesb.org/biblioteca/submissao_trabalhos.html, onde deverá também fazer a submissão do trabalho. Na submissão deve incluir um texto com até 300 caracteres para inclusão no índice para em complemento ao título, atrair o interesse dos leitores.

Outras informações e esclarecimentos adicionais podem ser solicitados a:

APESB

Av. Brasil 101 (LNEC/DHA/NES)
1700-066 Lisboa - PORTUGAL
E-mail: aguaseresiduos@apesb.org
Tel: +351 21 844 38 49



Instructions for submissions

The submissions to “Águas & Resíduos” are classified as “Papers” or “Technical Notes” (in principle, up to 8 pages or 4 pages, respectively). The decision about the submission will be taken by the Editors based on the evaluation of, at least, two reviewers.

The instructions for authors and the template for formatting the manuscripts may be downloaded from http://publicacoes.apesb.org/biblioteca/submissao_trabalhos.html, where should also submit the manuscript. With the submission, the author(s) should supply a text with up to 300 characters for insertion in the contents, after the title, to attract the readers interest.

For more information, please contact:

APESB

Av. Brasil 101 (LNEC/DHA/NES)
1700-066 Lisboa - PORTUGAL
E-mail: aguaseresiduos@apesb.org
Tel: +351 21 844 38 49

**Torne-se membro
da APESB aqui**

APESB

Av. Brasil 101 (LNEC/DHA/NES)
1700-066 Lisboa - PORTUGAL
E-mail: aguasresiduos@apesb.org
Tel: +351 21 844 38 49



apesb

associação
portuguesa
de engenharia
sanitária
e ambiental

ÁGUAS&RESÍDUOS

Série IV n.º 3