

# Redução das emissões de GEE no tratamento de águas residuais. Um roteiro de ação para entidades gestoras

Fernando Godinho <sup>a\*</sup>, Cláudia Godinho <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Consultor independente. Rua D. Francisco Manuel de Melo, n.º 27. Vale de Milhaços. 2855-448 Corroios, Portugal

<sup>b</sup> CONSULGAL/SISAQUA, Rua da Quinta Grande, n.º 15. 2780-156 Oeiras, Portugal

## Resumo

Algumas iniciativas *roadmapping* têm vindo a ser desenvolvidas no sentido da definição de medidas e metas para a redução dos consumos energéticos e das emissões de gases com efeito de estufa (GEE) na indústria da água. Neste artigo é apresentada uma descrição sumária de um roteiro para ser aplicado pelas entidades gestoras de sistemas de águas residuais, visando a realização do trabalho preparatório visando a sua participação pró-ativa naquelas iniciativas. O roteiro proposto engloba as seguintes atividades: formulação de cenários e de metas de redução de emissões de GEE; avaliação e seleção das medidas para atingir as metas de redução; sensibilização das entidades públicas para a necessidade da prevenção/criação de condições que, sendo externas ao domínio da atuação da entidade gestora, são essenciais para a implementação e eficácia das medidas de mitigação. Para apoio à implementação do roteiro e com base em abordagens inovadoras, é proposta uma ferramenta técnica que engloba metodologias para identificação e avaliação/seleção das medidas de mitigação mais custo-eficazes para fazer face aos cenários e metas de redução de emissões formuladas.

**Palavras-Chave:** gases com efeito de estufa, mitigação, tratamento de águas residuais.

**doi:** 10.22181/aer.2017.0201

---

\* Autor para correspondência  
E-mail: [fernandogodinho@sapo.pt](mailto:fernandogodinho@sapo.pt) (Fernando Godinho)

# Greenhouse gas emissions reduction in wastewater treatment. A roadmap for management entities

*Fernando Godinho<sup>a</sup>, Cláudia Godinho<sup>b</sup>*

<sup>a</sup> Consultor independente. Rua D. Francisco Manuel de Melo, n.º 27. Vale de Milhaços. 2855-448 Corroios, Portugal

<sup>b</sup> CONSULGAL/SISAQUA, Rua da Quinta Grande, n.º 15. 2780-156 Oeiras, Portugal

## Abstract

Some roadmapping initiatives have been developed towards the definition of measures and targets to reducing energy consumption and greenhouse gas (GHG) emissions in water industry. This paper presents a summary description of a roadmap to be applied by wastewater treatment system management entities, for carrying out the preparatory work regarding their pro-active involvement in those roadmapping initiatives. The proposed roadmap includes the following key activities: mitigation scenarios and GHG emissions reducing targets formulation; evaluation and selection of the most cost-effective measures to reach those targets; promoting stakeholders information and awareness aiming to prevent/create conditions that, although not depending directly on the action of the wastewater system management entity, are crucial to implement the most cost-effective measures and to improve its effectiveness. Based on innovative approaches, and to support the implementation of the roadmap, a tool involving methodologies for identification and evaluation/selection of the most cost-effective solutions and measures to reach the GHG emissions reduction targets is proposed.

**Keywords:** greenhouse gas emissions, mitigation, wastewater treatment.

**doi:** 10.22181/aer.2017.0201

---

\* *Corresponding author*  
E-mail: fernandogodinho@sapo.pt (Fernando Godinho)

## 1 Introdução

O crescimento da concentração de gases com efeito de estufa (GEE) na atmosfera, desde o início da era industrial, é causado pela atividade humana e tem conduzido a um aumento consistente da temperatura média global da atmosfera. A mitigação das emissões de GEE, por forma a manter a sua concentração na atmosfera em níveis que previnam um máximo de 2°C para aquela subida de temperatura, é uma necessidade premente, reconhecida no Acordo de Copenhaga e reassumida nas conferências de Qatar 2012, Varsóvia 2013, Lima 2014 e Paris 2015.

As alterações climáticas representam uma dupla ameaça para os serviços da água:

- uma ameaça direta, associada à maior variabilidade da temperatura da atmosfera, ao agravamento dos fenómenos hidrológicos extremos e das suas consequências e à subida do nível do mar, com impactos negativos nas disponibilidades hídricas e nas infraestruturas (vida útil, segurança e custos de investimento e exploração);
- uma ameaça indireta, associada aos potenciais impactos negativos das medidas de mitigação das alterações climáticas nos outros setores da economia, centradas essencialmente na procura de novas fontes de energia e de novas formas de gestão energética que afetarão as disponibilidades de água e a sua procura.

O uso crescente de hidroeletricidade e a produção de biofuel aumentarão a procura da água. A aposta na mobilidade elétrica requererá um enorme crescimento das atividades potencialmente muito poluentes associadas à extração e transformação de lítio e à produção e desembaraçamento final de baterias. A emergência de novas origens de energia poderá traduzir-se também no aumento da procura da água. Neste contexto, os serviços da água não poderão deixar de estar na linha da frente no confronto das alterações climáticas (na mitigação e na adaptação).

A indústria da água no Reino Unido é responsável por cerca de 1% do total global das emissões de GEE (EA 2009). Algumas iniciativas roadmapping têm sido desenvolvidas no sentido da definição de roteiros para a redução do consumo energético e das emissões de GEE na indústria da água (Godinho 2015). Estas iniciativas, normalmente lançadas e coordenadas por entidades estatais, legisladoras e/ou reguladoras, requerem a participação pró-ativa das entidades gestoras dos serviços da água.

Neste artigo é apresentada uma descrição sumária de um roteiro inovador, proposto em Godinho (2015), para a realização do trabalho interno das entidades gestoras, visando a sua preparação para a participação naquelas iniciativas roadmapping. O roteiro pretende respostas para as seguintes questões, essenciais para aquela participação:

- os cenários e metas de redução de emissões formuladas no âmbito das iniciativas roadmapping são realísticas e socialmente sustentáveis?
- que propostas alternativas pode a entidade gestora formular?
- que condições externas devem ser salvaguardadas para prevenir a possibilidade do alcance dessas metas?

O roteiro proposto incide especificamente no tratamento de águas residuais, considerando-se interessante o seu alargamento a todo o ciclo urbano da água.

## 2 Âmbito e objetivos do roteiro proposto

O roteiro proposto visa os seguintes objetivos essenciais:

- a) Formulação de cenários e de metas de redução de emissões de GEE, por iniciativa individual da entidade gestora ou no âmbito da sua participação em iniciativas roadmapping lançadas e coordenadas por entidades estatais;
- b) Avaliação das emissões de GEE associadas às atividades e processos inerentes ao tratamento de águas residuais;
- c) Avaliação das soluções para a redução de emissões (medidas, opções de gestão, metas alcançáveis, custos), tendo em vista a obtenção da informação necessária para a participação da entidade gestora nas iniciativas referidas na alínea a) acima;
- d) Seleção do conjunto de medidas mais custo-eficaz, a aplicar ao conjunto de ETAR da entidade gestora, para atingir as metas de redução formuladas;
- e) Avaliação do impacto socioeconómico desse conjunto de medidas;
- f) Identificação de constrangimentos visando a adoção, pela entidade gestora, de um papel de consciencialização das entidades legisladoras e reguladoras para a necessidade de adoção de políticas que previnam as condições propiciadoras da implementação e da eficácia das medidas mais custo-eficazes;
- g) Obtenção de informação técnica e económica essencial para a gestão mais eficiente dos sistemas.

O roteiro proposto em Godinho (2015) contempla metodologias para abordagem dos objetivos referidos nas alíneas a), e) e f) acima. Visando a abordagem dos objetivos referidos nas alíneas b), c) e d), é proposta uma ferramenta técnica de apoio à implementação do roteiro.

A Figura 1 mostra a interface entre as principais atividades a desenvolver pelas entidades gestoras, no âmbito do seu trabalho interno (zona inferior da figura), e as atividades a desenvolver no âmbito de uma iniciativa *roadmapping* coordenada por entidades legisladoras e reguladoras (zona superior da figura). A metodologia proposta para o desenvolvimento do roteiro é baseada essencialmente em análises de *forecasting* para a formulação de cenários e metas de redução de emissões de GEE, e em análises de *backcasting* para a identificação das soluções de mitigação mais custo-eficazes.

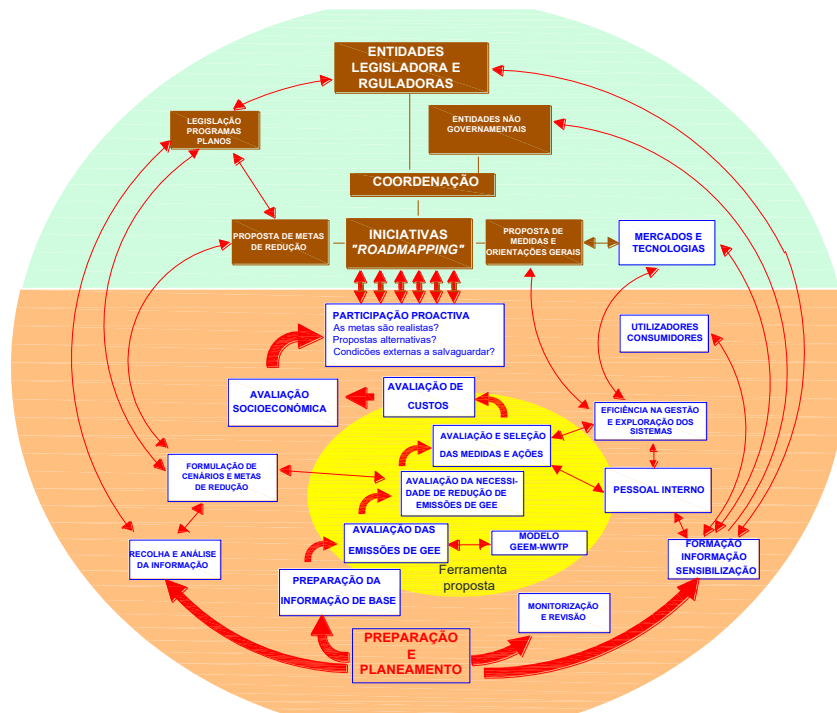


Figura 1. Diagrama concetual do roteiro proposto (Godinho 2015)

A implementação de algumas das medidas de mitigação mais eficazes (valorização do biogás, cogeração, uso de fontes renováveis de energia, valorização de lamas no solo, reutilização de águas residuais) pode ser confrontada com constrangimentos e obstáculos cuja identificação é um dos principais objetivos da análise *backcasting*.

### 3 Formulação de cenários e metas de redução de emissões de GEE

Os cenários e metas de redução de emissões de GEE a considerar resultarão de análises de *forecasting* tendo em conta:

- os planos de ação e os acordos nacionais e comunitários em vigor no âmbito da mitigação das alterações climáticas;
- os cenários e metas que vêm sendo adotados noutros países que se encontram num estado mais avançado na mitigação das emissões de GEE no setor da água;
- o Comercio Europeu das Licenças de Emissão (CELE) e as previsões da sua evolução;
- a legislação, as diretivas e as políticas nacionais e comunitárias nos domínios da água (Diretiva – Quadro da Água) e das alterações climáticas.

As metas de redução de emissões nas ETAR de um sistema de águas residuais poderão ser orientadas, nos cenários e metas de redução, para as intensidades de emissão ( $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$  de águas residuais tratadas) ou para as emissões em valor absoluto ( $\text{tCO}_2\text{e}/\text{ano}$ ). No caso das intensidades de emissão, as metas poderão apontar para uma percentagem de redução em determinado horizonte temporal e tomando determinado ano por referência (por exemplo reduzir, até 2020, em 20% as intensidades de emissão verificadas em 2010). Uma meta de redução estabelecida em valor absoluto poderá ser traduzida pela redução, até um determinado ano horizonte (e.g. 2020), das emissões de, por exemplo, 500  $\text{tCO}_2\text{e}/\text{ano}$ , relativamente a um determinado ano de referência.

A situação de referência, que servirá de *baseline*, poderá ser o nível de emissões num ano passado (meta representada pelo segmento BC da Figura 2), ou o nível de emissões que ocorreria no ano horizonte temporal (da meta em análise) se nenhuma medida de redução fosse adotada (segmento AC da Figura 2).

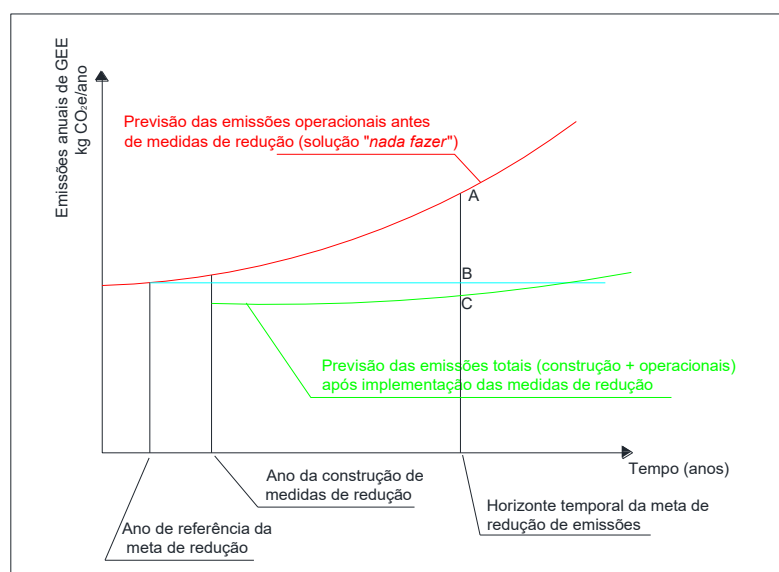


Figura 2. Redução de emissões de GEE proporcionada por uma medida de mitigação (Godinho 2015)

## 4 Ferramenta técnica proposta

### 4.1 Avaliação de emissões de GEE associadas ao tratamento de águas residuais

De acordo com as metodologias de classificação estabelecidas, designadamente no âmbito do Protocolo de Quioto, as emissões de GEE devem ser classificadas nos seguintes campos ou domínios (*scope*):

**scope 1** – emissões diretas geradas na ETAR, resultantes de processos de tratamento das águas residuais (biológicos ou físico-químicos) ou de queima de combustíveis fósseis;

**scope 2** – emissões indiretas associadas à produção, no exterior, da energia elétrica consumida na ETAR (energia elétrica comprada);

**scope 3** – emissões indiretas associadas a atividades desenvolvidas no exterior e sem nenhum controlo ou influência por parte da entidade gestora da ETAR.

As principais emissões de GEE associadas ao tratamento de águas residuais são as seguintes:

- **dióxido de carbono** (CO<sub>2</sub>), associadas às seguintes atividades e processos:
  - oxidação biológica de matéria orgânica carbonácea por microrganismos aeróbios, em processos na ETAR – emissões que, de acordo com as metodologias propostas pelo IPCC (IPCC 2006), pela sua origem biogénica, não serão contabilizadas, devendo, contudo, ser objeto de avaliação e reporte (*scope 1*);
  - produção externa da energia elétrica consumida na ETAR (*scope 2*);
  - queima direta de combustíveis fósseis (*scope 1*);
  - transporte de reagentes e de subprodutos (*scope 3*);
  - produção externa de reagentes e materiais utilizados no tratamento de águas residuais (*scope 3*);
- **metano** (CH<sub>4</sub>), associadas aos seguintes processos:
  - decomposição anaeróbia de matéria orgânica carbonácea, em processos na ETAR (*scope 1*);
  - decomposição anaeróbia das lamas nos aterros recetores das mesmas e no tratamento dos lixiviados gerados nos aterros (*scope 3*);
  - decomposição anaeróbia em solos recetores de lamas quando, excepcionalmente, ocorrem ambientes anaeróbios (*scope 3*);
  - processos de incineração de lamas (*scope 1*);
- **óxido nítrico** (N<sub>2</sub>O), associadas aos seguintes processos:
  - processos biológicos de nitrificação/desnitrificação em processos na ETAR (fase líquida, fase sólida e desodorização) (*scope 1*);
  - processos de nitrificação/desnitrificação no tratamento dos lixiviados gerados em aterros recetores das lamas de depuração (*scope 3*);
  - processos biológicos nos meios recetores (solo e água) de águas residuais tratadas.

As emissões dos diferentes GEE são objeto de transformação em emissões de CO<sub>2</sub> equivalente, usando como fatores de transformação a relação entre os potenciais de aquecimento global dos dois gases: aquele cujas emissões se pretende transformar em equivalentes de carbono e o CO<sub>2</sub>.

Em Godinho (2015) são propostas, com base em pesquisa bibliográfica complementada com abordagens inovadoras, metodologias e formulações para a avaliação das emissões

de GEE associadas às atividades e processos desenvolvidos em torno do funcionamento de uma ETAR. É proposto, também, um modelo de cálculo automático, em *Excel*, para a aplicação das formulações propostas e para a avaliação das emissões de GEE de uma determinada ETAR, em função da sua linha processual.

Em IPCC (2006) são propostas *Guidelines* para contabilização nacional das emissões de GEE (o volume 5 contempla dois capítulos dedicados ao tratamento de águas residuais).

Em CCME (2009) é proposto um modelo de cálculo direcionado para o cálculo das emissões das atividades associadas à gestão de biossólidos.

#### 4.2 Avaliação das reduções de emissões necessárias face às metas formuladas

Tendo em conta a avaliação das emissões de GEE do sistema de águas residuais, atuais e futuras (previsão de evolução face aos caudais e cargas poluentes a tratar), serão avaliadas as necessidades de redução dessas emissões para fazer face aos cenários e metas de redução admitidas, nos respetivos anos horizonte.

#### 4.3 Medidas elegíveis para redução de emissões de GEE

A avaliação das medidas elegíveis para redução das emissões de GEE, em termos do seu potencial de redução e dos custos associados, será efetuada, num primeiro passo, individualmente para cada uma das ETAR integrantes do sistema de águas residuais. Num segundo passo será determinado o conjunto de medidas, a aplicar globalmente ao conjunto de ETAR, discriminadas por ETAR, que permitirão alcançar a redução requerida ao mais baixo custo (conjunto de medidas mais custo-eficaz).

Tendo em vista a aplicabilidade da metodologia proposta para a seleção do conjunto de medidas mais custo-eficaz (adiante descrita), as medidas serão consideradas tipificadas da seguinte forma:

- **medidas do tipo M1** – melhoria da eficiência energética na ETAR, quer em termos do uso das diferentes fontes de energia, quer em termos da gestão dos processos de tratamento e da gestão dos sistemas/instalações (melhorias na operação e manutenção);
- **medidas do tipo M2** – implementação ou maximização da valorização agrícola das lamas, visando a redução do seu lançamento em aterro e potenciando a reciclagem de nutrientes e materiais;
- **medidas do tipo M3** – melhoria da linha processual de tratamento da ETAR, priorizando os processos menos emissores e privilegiando aqueles que permitam a recuperação da energia incorporada nas águas residuais;
- **medidas do tipo M4** – implementação ou maximização da reutilização das águas residuais tratadas, visando as reduções de emissões propiciadas pela eliminação das descargas de águas residuais nos meios recetores, pela poupança de energia, pela reciclagem de nutrientes e pelo aumento do sequestro do carbono no solo regado com águas reutilizadas;
- **medidas do tipo M5** – utilização de fontes de energia renováveis para satisfação das necessidades da ETAR.

Se existirem planos, programas ou legislação que imponham determinadas medidas, as quais deverão ser obrigatoriamente implementadas na ETAR, independentemente da sua eficácia de custos, tais medidas serão classificadas no **tipo M0**.

#### 4.4 Avaliação da redução de emissões de GEE proporcionada por cada medida elegível

A redução de emissões proporcionada por cada medida elegível, em cada uma das ETAR do sistema de águas residuais, no ano horizonte em análise, será estimada através da subtração, ao valor das emissões esperadas nesse ano sem a medida de redução em análise (ponto A da Figura 3), do valor das emissões esperadas nesse mesmo ano considerando a medida de redução implementada (ponto D da Figura 3). O segmento AD da Figura 3 representa a redução de emissões proporcionada pela medida em avaliação.

A implementação das medidas de redução de emissões pode provocar emissões temporárias de GEE não negligenciáveis, associadas aos trabalhos de construção e ao fabrico, transporte e montagem dos equipamentos e materiais utilizados. O tratamento destas emissões temporárias, em conjunto com as emissões operativas (associadas às atividades e processos inerentes ao tratamento de águas residuais) que evoluem ano a ano em função dos caudais e cargas a tratar, apresenta alguma dificuldade. Para ultrapassar esta dificuldade, é proposta uma metodologia que consiste essencialmente em dividir o valor das emissões temporárias pelo número de anos do período de vida útil das instalações incluídas na medida de redução (por exemplo 40 anos para a construção civil e 10 anos para os equipamentos).

Com o desenvolvimento do mercado do carbono, as emissões de GEE podem ser tratadas, do ponto de vista económico, como qualquer outro bem. Assim, é proposta a consideração de uma taxa de desconto do tempo para efeito da divisão atrás referida, sendo as emissões temporárias em análise transformadas em anuidades.

A redução líquida de emissões de GEE proporcionada por uma medida de redução, tendo em conta as emissões temporárias associadas à sua implementação, será dada pelo segmento AC da Figura 3.

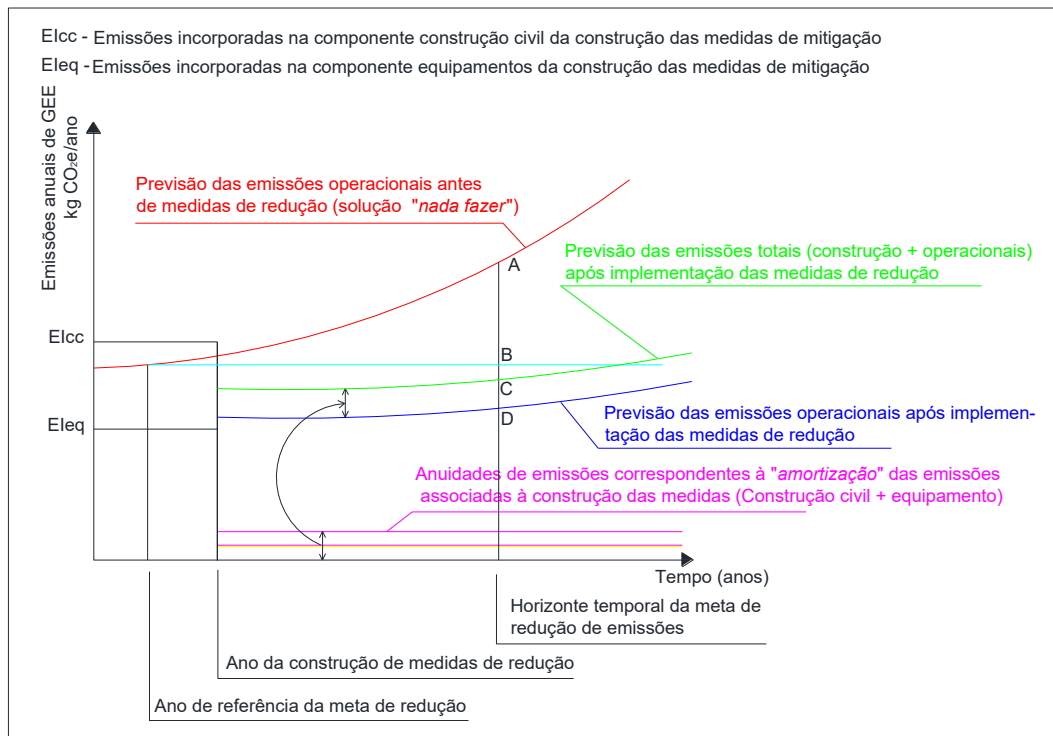


Figura 3. Conceito de redução líquida de emissões de GEE (Godinho 2015)

#### 4.5 Estimativa dos custos das medidas elegíveis

Os custos de investimento e exploração (ao longo do período de observação da análise) associados a uma medida de redução serão estimados através da subtração das seguintes duas curvas:

- curva de evolução, ao longo dos anos, dos custos estimados de investimento e exploração da ETAR, considerando a implementação da medida de redução em análise;
- curva (de referência) de evolução dos custos de investimento e exploração da ETAR, sem implementação da medida de redução.

Esta subtração traduz-se numa curva de evolução de diferenciais de custos, ao longo dos anos do período de observação. A atualização desta curva, considerando uma determinada taxa de desconto do tempo, dará o custo atualizado líquido da medida em análise.

No que respeita aos custos de investimento, os diferenciais serão normalmente positivos. Já no que se refere aos custos de exploração, aqueles diferenciais poderão ser positivos (se a medida se traduzir em acréscimo de custos), ou negativos (se a implementação da medida se traduzir em ganhos ou poupanças nos custos de exploração).

A metodologia proposta para a seleção do conjunto de medidas mais custo-eficaz requiere a determinação do custo específico atualizado líquido de cada medida elegível. Este valor será obtido dividindo o custo atualizado líquido da medida pelo valor da redução de emissões proporcionada pela medida no ano horizonte da meta de redução em análise, valor expresso, por exemplo, em euro/(t CO<sub>2</sub>e/ano).

#### 4.6 Seleção das medidas de redução

O passo seguinte será a determinação do conjunto de medidas a adotar, ETAR a ETAR, para atingir a meta de redução de emissões formulada globalmente para o conjunto de ETAR geridas pela entidade gestora.

Nesta determinação serão adotados dois critérios. O primeiro consistirá na priorização das medidas impostas por legislação ou planos ou programas, nacionais ou comunitários (medidas do tipo M0). O segundo será um critério económico e consistirá na priorização das medidas mais custo-eficazes para atingir a meta de redução de emissões em análise, por forma a atingir a solução global ótima.

Ordenando as medidas elegíveis por ordem crescente do seu custo específico atualizado líquido (matriz de seriação das medidas), é possível selecionar sequencialmente as medidas até se atingir o valor acumulado de redução líquida de emissões que ultrapasse o valor da meta de redução em análise, obtendo-se, assim, o conjunto de medidas mais custo-eficaz. No Quadro 1 é apresentado um exemplo de uma matriz de seriação e uma ilustração esquemática da forma de selecionar o conjunto de medidas a adotar.

No caso de uma eventual futura aplicação ao setor da água de uma taxa de emissão de carbono, a análise de custo-eficácia descrita poderá, em face da possibilidade de valorizar monetariamente as emissões, ser complementada com uma análise de custo-benefício (ACB). Esta ACB visará a comparação de diferentes conjuntos de medidas de redução elegíveis e capazes de atingir a meta em análise, através da comparação, por exemplo, da sua taxa interna de rentabilidade. Neste caso de uma ACB haverá que valorizar todas as emissões (e todas as reduções de emissões proporcionadas pelas medidas em análise) ao longo do período de observação, e não considerar apenas a redução de emissões no ano horizonte da meta de redução como acontece na análise

de custo-eficácia proposta. Mas esta valorização só será possível ou interessante no caso de uma futura aplicação ao setor da água de taxa de emissão de GEE.

**Quadro 1.** Seleção das medidas de redução de emissões de GEE (adaptado de Godinho 2015)

Cenário ▶ ETAR objeto de aplicação de medidas	Central Medidas Tipo avaliadas	Ano horizonte da meta ▶ Custo atualizado específico (euros/(tCO <sub>2</sub> e/ano))	2035		Meta de redução (tCO <sub>2</sub> e/ano) ▶		3243
			Redução de emissões proporcionada pela medida (tCO <sub>2</sub> e/ano)		Custo total atualizado da medida (10 <sup>4</sup> 3 euros)		
			Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada	
Almargem	M1 Melhorias de eficiência	-52	93	93	-4836	-4836	
Faro NW		-48	117	211	-5616	-10452	
Olhão Nasc		-30	49	260	-1470	-11922	
Faro NW	M2 Aumento da valorização de lamas para 100% das lamas produzidas	-7	344	344	-2408	-14330	
Olhão Nasc		-5	269	873	-1345	-15675	
Almargem	M4 Reutilização das águas residuais tratadas (80% do efluente tratado)	0	442	1315	0	-15675	
Faro NW		0	604	1919	0	-15675	
Almargem	M3 Tratamento biológico das gorduras (evitando a deposição em aterr)	5	488	2406	2440	-13235	
Faro NW		5	750	3387	3750	-9485	
Olhão Nasc		7	113	3269	791	-8694	

#### 4.7 Avaliação do impacto socioeconómico

O impacto social das metas de redução de emissões formuladas (por iniciativa individual da entidade gestora ou durante as iniciativas *roadmapping*) será avaliado através da estimação do impacto dos custos do conjunto das medidas de redução (conjunto de maior eficácia de custos) no valor da tarifa de saneamento a pagar pela população servida. A disponibilidade desta informação será determinante para a participação proactiva da entidade gestora nas iniciativas *roadmapping*, na medida em que permite confrontar as metas de redução formuladas com os decorrentes impactos sociais e, assim, avaliar o realismo e a sustentabilidade dessas metas.

### 5 Informação e consciencialização das entidades públicas

A viabilidade e a eficiência das medidas e ações para minimizar o consumo energético e as emissões de GEE associadas ao tratamento de águas residuais dependem de um conjunto de condições externas não controladas pelas entidades gestoras dos sistemas de águas residuais. A eficiência de uma ETAR, relativamente ao consumo energético e às emissões de GEE, pode ser significativamente afetada pelas características das águas residuais afluentes à instalação, das seguintes formas:

- uma excessiva variabilidade das características qualitativas e quantitativas;
- a presença de materiais inertes afetando o funcionamento hidráulico e a operação dos sistemas;
- a presença de determinados elementos e substâncias poluentes cuja remoção das águas residuais implica processos muito consumidores de energia e de materiais;
- a presença de condições de toxicidade para os processos biológicos responsáveis pelo tratamento das águas residuais, causando perdas de eficiência.

A valorização das lamas no solo e a reutilização das águas residuais tratadas são medidas muito eficazes para a mitigação das emissões de GEE. Contudo, a viabilidade destas práticas depende de certas condições, principalmente de uma adequada qualidade das lamas produzidas na ETAR e das águas residuais tratadas. Certos poluentes não são elimináveis das águas residuais com processos de tratamento convencionais e socialmente sustentáveis e outros são simplesmente transferidos das águas residuais para as lamas produzidas. O controlo da qualidade das afluentes às ETAR, com incidência especial nos metais pesados, nos elementos e substâncias tóxicas e na salinidade, assume, por isso, um papel determinante na viabilização da

reutilização e da valorização das lamas e, assim, na mitigação das emissões de GEE no tratamento de águas residuais.

A qualidade das águas residuais afluente às ETAR depende do comportamento/desempenho dos seguintes agentes:

- consumidores de água e utilizadores dos sistemas de águas residuais (cidadãos individuais, municípios e utilizadores industriais);
- entidades legisladoras que emitem legislação relacionada com o ordenamento do território, com o uso da água e com a utilização dos serviços de drenagem de águas residuais;
- autoridades públicas responsáveis pela definição e implementação de políticas de ordenamento do território e de planeamento da utilização dos recursos hídricos e da energia;
- entidades reguladoras do setor.

Uma das atividades mais importantes a desenvolver pelas entidades gestoras no âmbito do roteiro proposto será a informação e consciencialização destes agentes para a necessidade de comportamentos, atitudes e políticas que, para além de contribuírem para a minimização dos consumos energéticos e das emissões de GEE, viabilizem a implementação e otimização das medidas de mitigação mais custo-eficazes.

## 6 Conclusões

Neste artigo apresenta-se, de forma resumida, uma metodologia a ser aplicada por uma entidade gestora de um sistema de tratamento de águas residuais, visando dois objetivos essenciais:

- a otimização da sua atividade, dos pontos de vista da energia e dos processos, para minimização dos consumos energéticos e das emissões de GEE;
- a obtenção da informação necessária para a entidade gestora poder participar proactivamente nas iniciativas *roadmapping*, lançadas e coordenadas por entidades reguladoras e legisladoras visando a mitigação das alterações climáticas.

Dado o cariz inovador e a complexidade e pluridisciplinaridade de conhecimentos requerida por algumas das matérias versadas, algumas das abordagens e metodologias propostas não são consideradas definitivas, carecendo ainda de reflexão futura.

A ferramenta técnica proposta carece ainda de desenvolvimento e investigação/reflexão, devendo ser entendida como um contributo para o estabelecimento de metodologias e formulações consensuais para a avaliação das emissões de GEE no tratamento de águas residuais e para a avaliação/seleção das medidas e ações para a sua mitigação.

## Referências

- 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. (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



TRATAVE  
TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DO AVE, S.A.

No presente e no futuro do Vale do Ave.

[www.tratave.pt](http://www.tratave.pt)