

## VI-096 - ANÁLISE DE CICLO DE VIDA SOCIAL INERENTE AO GERENCIAMENTO DE LODO E DE BIOGÁS EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO ANAERÓBIO DE ESGOTO

### **Karina Guedes Cubas do Amaral<sup>(1)</sup>**

Química Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Especialista em Sistema de Gestão Ambiental pela FAE. Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela UTFPR. Doutoranda em Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela UFPR.

### **Miguel Mansur Aisse<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela UFPR. Mestre em Engenharia Civil - Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos –USP. Doutor em Engenharia Civil - Engenharia Hidráulica pela Universidade de São Paulo. Professor da Universidade Federal do Paraná, junto ao Programa de Pós-Graduação – PPGERHA.

### **Gustavo Rafael Collere Possetti<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Engenheiro Eletricista pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Mestre e doutor em Ciências pela UTFPR. Gerente da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). Professor do Programa de Mestrado Profissional em Governança e Sustentabilidade do Instituto Superior de Administração e Economia do Mercosul (ISAE-FGV).

### **Fernanda Janaína Oliveira Gomes da Costa<sup>(2)</sup>**

Engenheira de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Engenheira Química pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Doutora em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal do Paraná. Engenheira técnica da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Diretoria de Meio Ambiente e Ação Social da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR.

### **Cássia Maria Lie Ugaya<sup>(3)</sup>**

Engenheira Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas. Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos. Doutora em Engenharia Mecânica. Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Membro do Conselho Internacional e Co-gestora da atividade de Capacitação da Iniciativa do Ciclo de Vida do PNUMA e da SETAC. Membro do Conselho Internacional e Conselho Editorial doecoinvent, fundadora da Rede Ibero Americana de Ciclo de Vida, da Associação Brasileira do Ciclo de Vida e da Social LCA Alliance. Coordenadora da Rede de Pesquisa em Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida e do Grupo de Trabalho em Avaliação Social do Ciclo de Vida.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Jardim das Américas - CEP: 81531990 - Curitiba, PR - Brasil - Caixa-postal: 19011. Telefone: (41) 33613144. E-mail: ka\_cubas@hotmail.com

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Rua Engenheiro Antônio Batista Ribas 115- Tarumã – CEP: 82800130 - Curitiba, PR – Brasil - Telefone: (41) 3777-7264

**Endereço<sup>(3)</sup>:** R. Dep. Heitor Alencar Furtado, 5000, Bloco M, sala 3.17- Campo Comprido, Curitiba, PR – Brasil - Telefone: (41) 3279-6744. E-mail: cassiaugaya@utfpr.edu.br

## RESUMO

As etapas de gerenciamento de lodo e do biogás são responsáveis por aspectos sociais importantes em uma estação de tratamento de esgoto (ETE), tais como a emissão de odor e ruído, a manipulação de produtos químicos pelos trabalhadores e a valorização do produto final a ser destinado. O presente artigo tem como objetivo realizar o inventário e a avaliação dos aspectos sociais associados ao gerenciamento do lodo e do biogás de ETES, utilizando como ferramenta os indicadores de Avaliação de Ciclo de Vida Social (ACV-S). A pesquisa foi realizada em uma ETE anaeróbia. Na elaboração do inventário social foram consideradas as seguintes categorias de partes interessadas: trabalhadores, consumidores, comunidade local e sociedade. Para cada subcategoria foram elaborados indicadores. Para a categoria trabalhadores foram apresentados os resultados de salários, ruído ocupacional, produtos químicos perigosos, emissões gasosas e risco biológico. Para a categoria consumidores, teores de N, P e concentração de patógenos presentes no lodo biológico. Para a parte interessada comunidade local e sociedade, o ruído ambiental, odor e a geração de emprego.

**PALAVRAS-CHAVE:** Avaliação de Ciclo de Vida Social, Gerenciamento de lodo biológico, Biogás.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, a tecnologia de reatores anaeróbios (reatores do tipo UASB) é a terceira mais empregada em termos de número de estações de tratamento de esgotos (ETEs) (NOYOLA *et al.*, 2012). Essa tecnologia possui como característica a geração de lodo adensado e estabilizado, além de biogás, rico em metano. No Estado do Paraná, em especial, 94,6% das ETEs utilizam reatores anaeróbios (ROSS, 2015).

Nos últimos anos, o tratamento e a destinação final do lodo tem sido um dos problemas mais complexos enfrentados no campo da engenharia sanitária e ambiental (GARRIDO-BASERBA *et al.*, 2015). Atualmente, o aterro sanitário é a alternativa mais empregada para o destino final do lodo de ETE no Brasil. Nesse caso, destacam-se os elevados gastos com o transporte, bem como o desperdício do potencial dos nutrientes e/ou energético do lodo desidratado. O uso agrícola do material é uma alternativa interessante, pois possibilita reciclagem dos nutrientes. No entanto, a eventual presença de metais pesados tem sido apontada como um elemento impactante ambientalmente (BITTENCOURT *et al.*, 2014). Diante das inseguranças sanitárias e ambientais, alternativas têm sido propostas, apesar de todas apresentarem ressalvas, como as formas de tratamento térmico para o lodo de ETE (ROSA *et al.*, 2016).

No Brasil, poucas ETEs que empregam a tecnologia anaeróbia realizam o aproveitamento do biogás. Na maioria das ETEs o biogás é queimado em *flares*, com baixa eficiência (ROSA *et al.*, 2016), desperdiçando o seu potencial energético.

As etapas de gerenciamento de lodo e do biogás são responsáveis por aspectos sociais importantes em uma ETE, como a emissão de odor e ruído, a manipulação de produtos químicos pelos trabalhadores e a valorização do produto final a ser destinado. A Avaliação de Ciclo de Vida Social (ACV-S) é uma técnica utilizada para avaliar os aspectos sociais e socioeconômicos dos produtos e seus potenciais impactos positivos e negativos ao longo de ciclo de vida, englobando a extração, processamento de matérias-primas, produção, distribuição, uso, reutilização, manutenção, reciclagem e disposição final (UNEP e SETAC, 2009). A ACV-S complementa a Avaliação de Ciclo de Vida Ambiental (ACV-A), podendo ser aplicada sozinha ou em conjunto (UNEP e SETAC, 2009). Atualmente, existem mais de 20 métodos para avaliação dos impactos sociais, de tipo I (baseado em pontos de referência de desempenho) e tipo II (relação de causa e efeito).

O método *Subcategory Assessment Method* (SAM) foi elaborado com base no guia metodológico da UNEP e SETAC (2013), utilizado após a fase de elaboração do inventário e permitindo avaliar o desempenho social das empresas envolvidas em todos os estágios do ciclo de vida do produto. A fim de produzir um método consistente para todas as subcategorias o método estabelece uma linha de base para avaliar o perfil da organização, chamado requisito básico (RB). A escala varia de “1” a “4” (sendo “A” a pior e “D” a melhor avaliação) (RAMIREZ *et al.*, 2014). Esse método foi utilizado por Padilla-Rivera *et al.* (2016) que selecionaram 25 indicadores relacionados à 4 *stakeholders* (comunidade e sociedade, trabalhadores, consumidores e cadeia de valor), específicos para ETEs. Para realizar a avaliação dos aspectos, os autores utilizaram ponto de referência e requisito básico.

Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo realizar o inventário e a avaliação dos aspectos sociais associados ao gerenciamento do lodo e do biogás de uma ETE, utilizando como ferramenta os indicadores de ACV-S.

## METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada em uma ETE situada em Curitiba/PR (Brasil). A ETE possui capacidade para tratar 440 L/s de esgoto doméstico, atendendo uma população de até 235.000 habitantes. No que diz respeito ao tratamento preliminar do esgoto, a ETE apresenta gradeamento e desarenação, os quais possuem a finalidade de reter sólidos grosseiros e inorgânicos. Para a etapa de tratamento biológico do esgoto, a ETE conta com 6 reatores anaeróbios, tipo UASB, onde é dosado peróxido de hidrogênio para controle do odor, além de 2 lagoas aeradas facultativas. Atualmente, o lodo proveniente dos reatores anaeróbios e das lagoas é condicionado (polímero) e desaguado em uma centrífuga e, após, é submetido à higienização (caleação com

óxido de cálcio) e à estocagem antes de ser disposto na agricultura. O biogás proveniente dos reatores anaeróbios é captado e encaminhado para queimadores abertos.

Primeiramente, selecionaram-se indicadores para a elaboração dos inventários sociais, utilizando requisitos básicos baseados na legislação aplicável a cada aspecto. Após o levantamento dos indicadores, realizou-se o levantamento de informações junto à ETE e realizada a medição de ruído ambiental e ocupacional e odor. Para o odor, executou-se a medição de sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e amônia (NH<sub>3</sub>). A etapa de avaliação dos aspectos foi realizada com a adaptação da metodologia proposta por Ramirez *et al.* (2014) e Padilla-Rivera *et al.* (2016).

#### • ELABORAÇÃO DOS INVENTÁRIOS SOCIAIS

Para a elaboração do inventário social foram consideradas as seguintes categorias de partes interessadas: trabalhadores, consumidores e comunidade local e sociedade (UNEP, 2009). Para cada subcategoria foram elaborados indicadores (Tabela 1), selecionados de acordo com o sugerido pela UNEP e SETAC (2013), e estudo realizado por Padilla-Rivera *et al.* (2016). A fim de produzir um método consistente para todas as subcategorias, a metodologia estabelece uma linha de base para avaliar o perfil da organização, chamado requisito básico (RB). Como exemplo, na subcategoria “salário justo”, a metodologia estabelece o salário mínimo como RB. Os requisitos básicos foram definidos de maneira semelhante ao adotado por Ramirez *et al.* (2014)

**Tabela 1. Subcategorias e indicadores considerados para elaboração dos inventários sociais.**

<b>TRABALHADORES</b>		<b>Requisito básico/ Legislação aplicável</b>
Faixa salarial	Valores dos salários pagos aos trabalhadores	SAI (2008) No. VIII Remuneração Lei PR 18.766/2016 - Salário Mínimo
Saúde e segurança	Nível de ruído	SAI (2008) No. III Saúde e segurança NR 15 NIOSH
	Utilização de produto químico perigoso	
	Emissões gasosas consideradas prejudiciais aos trabalhadores (CH <sub>4</sub> e H <sub>2</sub> S) / Emissão de odor (H <sub>2</sub> S e NH <sub>3</sub> )	
	Riscos biológicos (bactérias, fungos, vírus)	
<b>CONSUMIDORES</b>		
Qualidade do lodo tratado	Teores de N e de P	CONAMA 375/2006 SEMA 21/2009
	Atendimento aos parâmetros estabelecidos pela legislação	
Saúde e segurança	Valores de patógenos presentes no lodo	
<b>COMUNIDADE LOCAL E SOCIEDADE</b>		
Condições de vida segura e saudável	Nível de ruído	CONAMA 01/1990 NBR 10.151/2000 Lei 10625/2002
	Emissão de odor	SEMA 16/2014
Contribuição para o desenvolvimento econômico	Tecnologia utilizada Capacidade de geração de emprego	IFC (2007), AA100 Stakeholder Engagement Standard

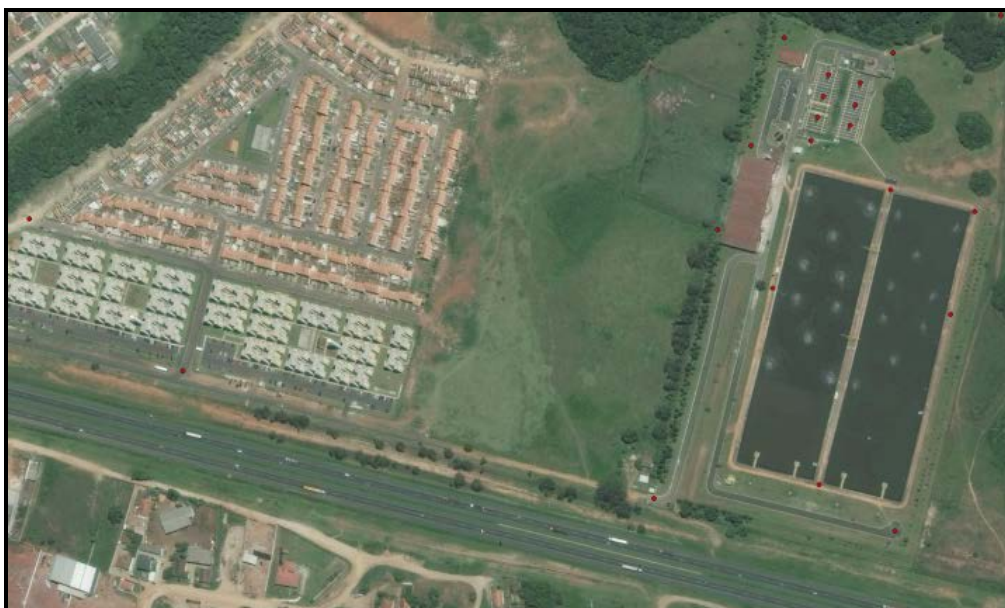
Os parâmetros referentes à qualidade do lodo tratado abrangeram os anos de 2011, 2012 e 2013. Quanto aos salários pagos aos trabalhadores, considerou-se o ano base de 2016.

No monitoramento e mapeamento do odor em ETE utilizou-se uma técnica em que se realizam medições das concentrações de H<sub>2</sub>S em determinados pontos da ETE e em sua vizinhança. Executou-se a medição em 21 pontos (Figura 1) em 3 campanhas, às 14 horas, utilizando-se aparelho detector de H<sub>2</sub>S, JEROME, modelo 631-X, Arizona – Estados Unidos, com limite de detecção de 0 a 50 ppm. Simultaneamente, realizou-se a medição de H<sub>2</sub>S por 3 dias utilizando o aparelho detector de gás sulfídrico GASTEC Corporation versão

5.06.000, Modelo GHS-8AT, com limite de detecção de 0 a 3000 ppm, medição a cada 5 segundos e armazenamento da média das concentrações a cada 5 minutos. Essas medições foram realizadas para verificação do horário de pico da concentração. Procedeu-se a instalação de 3 equipamentos, um em cada canaleta de reator anaeróbio (UASB). Posteriormente, os dados dos demais pontos foram convertidos para determinação dos valores no horário de pico.

A medição de  $\text{NH}_3$  foi realizada no dia que estava sendo realizada a caleação do lodo biológico, utilizando-se um detector portátil de gases no meio atmosférico, marca BW Technologies, Alert Micro 5. Depois, com a coleta desses dados, utilizou-se ArcGis 10.1 para reproduzir as curvas de concentração do gás.

Os valores de direção e velocidade do vento foram obtidos junto ao SIMEPAR para os 3 dias que foram realizadas as medições. A velocidade média foi de 0,39 m/s, sendo a direção predominante a leste.



**Figura 1. Pontos (em vermelho) de medição de  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{NH}_3$ .**

A medição de ruído ambiental foi realizada utilizando-se um decibímetro, em 3 horários: diurno (07h01 às 19h00), vespertino (19h01 às 22h00) e noturno (22h01 às 07h00) (CURITIBA, 2002). Cada medição teve duração de 5 minutos nos pontos escolhidos (Figura 2) e considerou-se a média dos valores. De acordo com a Lei 9.800/2000, a ETE se localiza no setor de transição – ST.



**Figura 2. Ilustração dos pontos de medição de ruído ambiental na ETE.**

Os valores de ruído ocupacional foram utilizados de literatura, sendo em uma ETE do Rio Grande do Sul (CORSAN, 2007).

## • AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIAIS

Para a realização da avaliação dos impactos sociais foi utilizada uma adaptação das metodologias descritas por Ramirez *et al.* (2014), Zortea (2015) e Padilla-Rivera *et al.* (2016), que consideram quatro elementos: a organização como um processo unitário, definição de um requisito base, atribuição de níveis de avaliação e atribuição de um caráter semi-quantitativo para o método. Na Tabela 2 é demonstrada a forma de conversão dos dados qualitativos em semi-quantitativos.

**Tabela 2. Conversão dos dados sociais qualitativos em semi-quantitativos**

Nível de evidência	Sem dados disponíveis	Fora do comprometimento e sob riscos físicos,- psicológicos, de segurança ou de direitos humanos	Não cumprimento ao requisito básico	Cumprimento ao requisito básico	Excelente desempenho, além do requisito básico
Score atribuído	0	1	2	3	4

FONTE: Adaptado de Ramirez *et al.* (2014) e Padilla-Rivera *et al.* (2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### • TRABALHADORES

#### - Faixa salarial

O requisito básico para a subcategoria faixa salarial é o salário mínimo regional (R\$ 1.234,20), para o grupo correspondente ao cargo de operador de estação de tratamento de efluentes (8623-05 – sendo grupo 8 na categoria brasileira de ocupações). O desempenho para essa subcategoria foi caracterizado como excelente (4), visto que o salário dos operadores (R\$ 1.620,26) está acima do mínimo regional e dentro do mínimo requerido para sobrevivência familiar, de acordo com WICARE (2016).

#### - Saúde e Segurança

Para essa subcategoria, consideraram-se os seguintes indicadores: nível de ruído ocupacional, utilização de produto químico perigoso, emissões gasosas consideradas prejudiciais aos trabalhadores (CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S e NH<sub>3</sub>), riscos biológicos (bactérias, fungos, vírus), emissão de odor.

#### Nível de ruído ocupacional

Para o indicador de nível de ruído, o requisito básico é o estabelecido na NR 15, sendo o valor de 85 dB para uma exposição de 8 horas diária e de 90 dB para uma exposição de 4 horas.

De acordo com medição realizada pela Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN, o valor medido na estação elevatória foi de 85 dB e próximo aos aeradores foi 90 dB. Atribuiu-se para este indicador o valor de “3”, cumprimento ao requisito.

#### Utilização de produto químico perigoso

Para o tratamento do lodo biológico é utilizado a cal virgem. A cal virgem não consta na lista de produtos químicos considerados para atividades insalubres na NR 15. No entanto, o National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH considera que o limite de IDLH é de 25 mg/m<sup>3</sup>. Foi considerado para este indicador o valor de “3”, cumprimento ao requisito básico.

### **Emissões gasosas consideradas prejudiciais aos trabalhadores (H<sub>2</sub>S e NH<sub>3</sub>) / Emissão de odor**

De acordo com a medição realizada, o valor da concentração de NH<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>S apresentou-se dentro do estabelecido pela NR 15. O valor atribuído para este indicador foi de “3”, cumprimento ao requisito básico.

### **Riscos biológicos (bactérias, fungos, vírus)**

O indicador riscos biológicos foi classificado como “2” devido à presença de coliformes termotolerantes no lodo biológico, identificados no ano de 2013. As análises de ovos de helmintos, salmonela e vírus, apresentaram-se como ausentes nos 3 anos considerados.

## • CONSUMIDORES

### ***- Qualidade do lodo tratado***

De acordo com as análises realizadas nos anos de 2011, 2012 e 2013 e apresentadas por Bittencourt *et al* (2014), a qualidade do lodo está de acordo com estabelecido pela CONAMA 375/2006. Os teores de N e P no lodo biológico foram de 0,0102 e 0,0036 kg/kg, respectivamente de acordo com análises realizadas em 2014 e 2015. O desempenho para esse indicador foi classificado como excelente (4).

### ***- Saúde e segurança***

Esse indicador foi classificado como (3). Os valores de coliformes no lodo biológico estão de acordo com o estabelecido pelo CONAMA 375/2006. Devido à presença de coliformes termotolerantes no lodo biológico e ao risco biológico inerente ao manuseio manual do lodo, este indicador não se classificou como (4).

## • COMUNIDADE LOCAL E SOCIEDADE

### ***- Condições de vida segura e saudável***

Nessa subcategoria se enquadram os indicadores de nível de ruído e emissão de odor ambiental.

### **Ruído ambiental**

O requisito básico para o nível de ruído é o estabelecido pela lei de zoneamento 10625/2002, sendo o valor de 60 dB no período diurno, 55 dB para o período vespertino e 50 dB para noturno. Os resultados das médias dos valores são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3. Valores da medição de ruídos ambientais.**

	<b>Diurno</b>	<b>Vespertino</b>	<b>Noturno</b>
<b>Ponto 1</b>	51,48	54,66	50,63
<b>Ponto 2</b>	59,05	61,36	53,32
<b>Ponto 3</b>	53,08	58,20	57,25
<b>Ponto 4</b>	62,40	59,75	53,58

O ruído referente ao Ponto 2 é ocasionado pela centrífuga. O valor do ruído ambiental referente ao Ponto 4 é atribuído como externo à ETE, devido à rodovia. O desempenho para esse indicador foi classificado como não cumprimento (2).

Cabe salientar que a área habitacional mais próxima do local fica a mais de 300m e tem influência da pressão sonora acentuada de uma avenida com grande circulação de veículos.

### **Odor ambiental**

#### ***- Ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S) – 14 h***

A Figura 3 apresenta a curva de concentração dos valores de H<sub>2</sub>S. Os valores são a média das medições realizadas em 3 dias às 14 hs.



**Figura 3. Curva da concentração de H<sub>2</sub>S - 14 h.**

Conforme apresentado por Park *et al.* (2014), o H<sub>2</sub>S começa a ser perceptível pela população em concentrações acima de 0,0001 ppm, possui cheiro desagradável quando suas concentrações são superiores a 0,5 ppm e quando atinge concentrações de 10 ppm pode causar irritações e náuseas. Quando as concentrações ultrapassam 50 ppm podem ocorrer lesões oculares e respiratórias e é considerado uma ameaça a vida, já acima de 700 ppm pode ser fatal. De acordo com Schirmer *et al.* (2007), a percepção do odor é acima de 0,00047 ppm. No Manual de Procedimentos para Auditoria no Setor de Saneamento Básico, o limite de detecção é na faixa de 0,0005-0,13 ppm (BRASIL, 2002).

Todos os valores medidos apresentaram-se acima do valor indicado como possível de percepção, mas abaixo do valor de odor desagradável na vizinhança.

- Ácido sulfídrico ( $H_2S$ ) – 19 hs

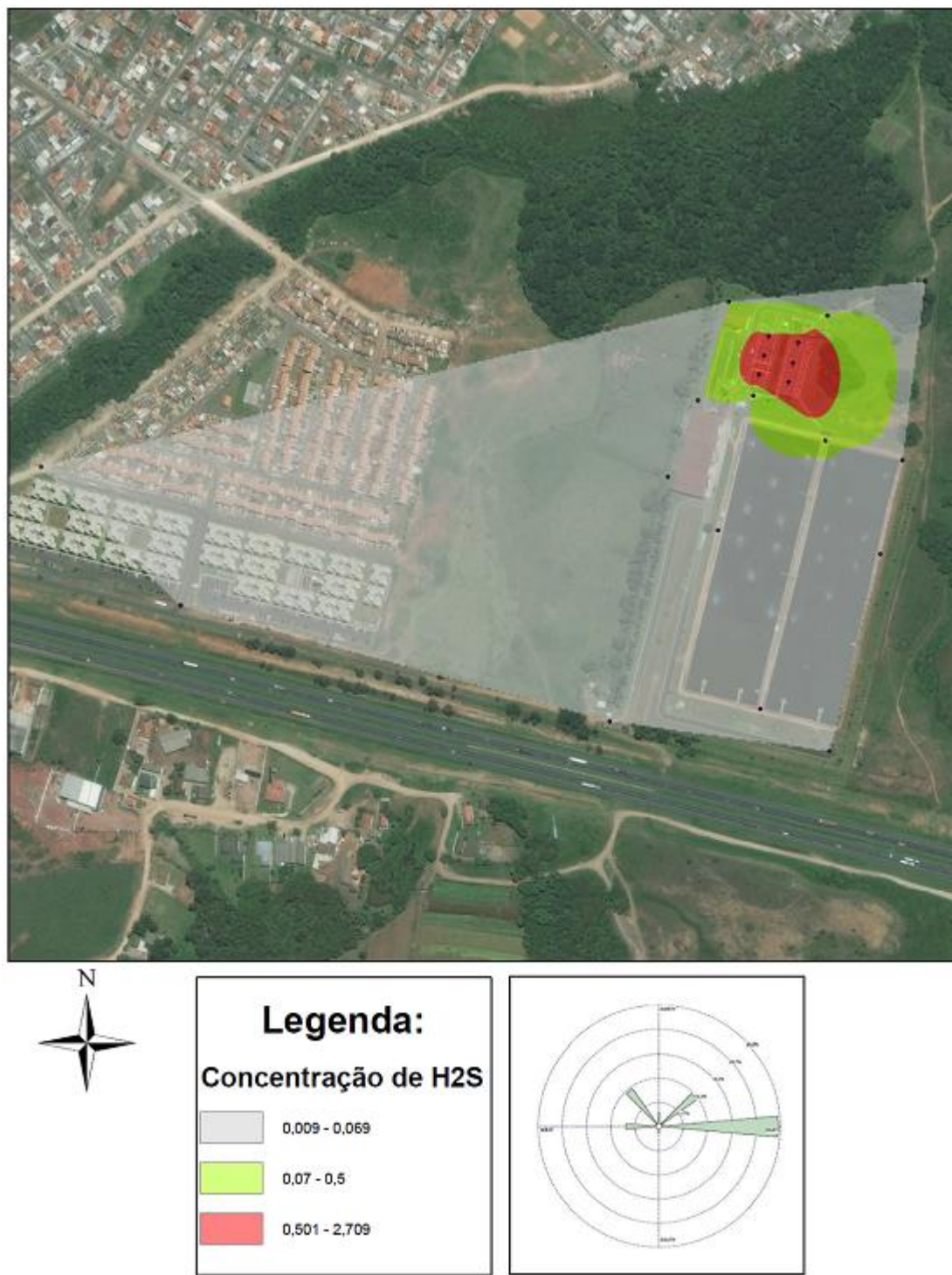


Figura 4. Curva da concentração de  $H_2S$  - 19 h.

Conforme apresentado na Figura 4, todos os valores medidos apresentaram-se como possível de percepção, mas abaixo do valor de odor desagradável na vizinhança no horário de pico da concentração.



### - Amônia (NH<sub>3</sub>)

Em seres humanos a amônia é altamente irritante para os olhos, pele e mucosas. O seu limite de detecção é de 0,13 ppm e a exposição na concentração de 24 ppm pode causar irritação nasal, a 50 ppm hemeralopia e irritação do sistema respiratório e a 130 ppm há lacrimação e irritação da garganta. Já na concentração de 1720 ppm de amônia provoca tosse e acima de 2500 morte por insuficiência respiratória (NIOSH, 1992).

No dia em que não estava sendo realizada a caleação do lodo nas medições não foi detectado NH<sub>3</sub>. Contudo, quando há o processo de caleação detectou-se 18 ppm de NH<sub>3</sub>, logo o desempenho para esse indicador foi classificado como aceitável (3).

Tendo em vista a liberação de NH<sub>3</sub> no processo de caleação sugere-se que outra prática de manejo de lodo como a secagem térmica seja adotada.

### - Contribuição para o desenvolvimento econômico

Para essa subcategoria, o indicador é relacionado ao número de empregos gerados para o gerenciamento do lodo e biogás. Devido à baixa mecanização do processo de tratamento do lodo biológico e biogás, o valor considerado para esta categoria foi (4). Como discutido por Padilla-Rivera *et al.* (2016), o nível baixo de mecanização contribui para o desenvolvimento econômico ao empregar mais mão de obra.

A Figura 6 sumariza os indicadores tratados neste artigo, na forma de gráfico em rede.



**Figura 5. Resultado dos indicadores.**

Conforme apresentado, as vantagens da tecnologia de EAP se referem aos salários dos trabalhadores, capacidade de geração de emprego e ao aproveitamento de nutrientes presentes no lodo biológico (N e P).

Os aspectos que devem ser aprimorados são principalmente a geração de ruído ambiental (ocasionado pela centrífuga) e a odor (ocasionado ao realizar a EAP no lodo biológico e às emissões fugitivas do H<sub>2</sub>S no reator anaeróbio).

## CONCLUSÕES

De acordo com o inventário e a avaliação dos aspectos sociais associados ao gerenciamento do lodo e do biogás de uma ETE Os parâmetros que devem ser gerenciados para a melhoria da avaliação social são: odor, ruído e a desinfecção do lodo biológico. As vantagens da tecnologia de tratamento e destinação final do lodo biológico, que obtiveram maior pontuação na metodologia aplicada, foram: o aproveitamento dos nutrientes

presentes, na agricultura, e a geração de emprego. Um gráfico em rede foi utilizado para sumarizar os indicadores tratados neste artigo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-10151 Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. 2000.
2. BITTENCOURT, S.; SERRAT, B.M.; AISSE, M.M.; GOMES, D. Sewage Sludge Usage in Agriculture: a Case Study of Its Destination in the Curitiba Metropolitan Region, Paraná, Brazil. *Water Air Soil Pollution*. 225:2074, ago. 2014.
3. BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução n. 375, de 29 de agosto de 2006. Diário Oficial da União, 2006.
4. BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução n. 01, de 08 de março de 1990. Diário Oficial da União, 1990.
5. BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Inspeção do Trabalho. Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho. Manual de Procedimentos para Auditoria no Setor Saneamento Básico, nov. 2002.
6. COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO – CORSAN. Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. PPR. US Santa Maria. 2007.
7. CURITIBA. Câmara Municipal de Curitiba. Lei Municipal 10625, de 19 de dezembro de 2002. Diário Oficial do Município, 2002.
8. GARRIDO-BASERBA, M.; MOLINOS-SENANTE, M.; ABELLEIRA-PEREIRA, J.M.; FDEZ-GÜELFO, L.A.; POCH, M.; HERNANDEZ-SANCHO, F. Selecting sewage sludge treatment alternatives in modern wastewater treatment plants using environmental decision support systems. *Journal of Cleaner Production* 107, 410-419, nov. 2015.
9. IFC, 2007. AA1000 stakeholder engagement standards <http://www.accountability21.net/uploadedFiles/publications/SES%20Exposure%20Draft%20-%20FullPDF.pdf>. Acessado: 05/12/2016.
10. NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health. Occupational safety and health guideline for ammonia. 1992.
11. NOYOLA, A.; PADILLA-RIVERA A.; MORGAN-SAGASTUME, J. M. L.; GUERECAL, L.P.; HERNANDEZ-PADILLA, F. Typology of Municipal Wastewater Treatment Technologies in Latin America Clean – Soil, Air, Water, 40 (9), 926–932, 2012.
12. NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. NR-15 - Atividades e Operações Insalubres. 2009
13. PADILLA-RIVERA, A., MORGAN-SAGASTUME, J.M, NOYOLA, A.M, GUERECAL, L.P. Addressing social aspects associated with wastewater treatment facilities. *Environmental Impact Assessment Review* 57, 2016.
14. PARANÁ. Lei n° 18.766. Assembleia Legislativa do Estado do Paraná. Diário Oficial do Estado, 2016.
15. PARANÁ. Resolução n° 16. Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA). Diário Oficial do Estado, 2014.
16. PARANÁ. Resolução n° 21. Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA). Diário Oficial do Estado, 2009.
17. PARK, K.; LEE, H.; PHELAN, S.; LIYANAARACHCHI, S.; MARLENI, N.; NAVARATNA, D.; JEGATHEESAN, V.; SHU, L. Mitigation strategies of hydrogen sulphide emission in sewer networks - A review. *International Biodeterioration & Biodegradation* 95: 251-261, 2014.
18. RAMIREZ, P.K.S.; PETTI, L.; HABERLAND, N.T.; UGAYA, C.M.L. Subcategory assessment method for social life cycle assessment. Part 1: methodological framework. *International Journal Life Cycle Assessment*, 19:1515–1523, 2014.
19. ROSA, A. P; CONESA, J. A.; FULLANA; A., MELO G. C. B.; BORGES, J. M.; CHERNICHARO, C. A. L. Energy potential and alternative usages of biogas and sludge from UASB reactors: case study of the Laboreaux wastewater treatment plant. *Water Science & Technology* 73.7., 2016.
20. ROSS, B. Z. L. Escuma de reatores anaeróbios tratando esgotos domésticos: produção, caracterização e disposição final. Tese (Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) Universidade Federal do Paraná. 2015.
21. SAI, 2008. Guidance document for social accountability 8000 international. [http://www.sai-intl.org/\\_data/n\\_0001/resources/live/2008StdEnglishFinal.pdf](http://www.sai-intl.org/_data/n_0001/resources/live/2008StdEnglishFinal.pdf). Acessado 05/12/2016.

22. SCHIRMER, W.N; LACEY, M.E.Q.; LISBOA, H.M.; MIRANDA, G.R. Características, natureza e métodos de amostragem/análise de gases odorantes emitidos em processos industriais: caso das lagoas de tratamento de efluentes. *Revista de Ciências Ambientais*, 1, 2: 35 - 52, 2007.
23. UNEP/SETAC, Life Cycle Initiative. *Guide to Social LCA: The Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment (S-LCA)*, 2013.
24. UNEP/SETAC, Life Cycle Initiative. *Guidelines for social life cycle assessment of products*. United Nations Environment Program, Paris, United Nations Environment Programme. *Social and socio-economic LCA guidelines*, 2009.
25. WICARE, 2016. *Wages and working conditions in social in the world country reports*. <http://www.wageindicator.org/main/salary/living-wage>. (Acessado: 06/12/2016).
26. ZORTEA, R. B. *Avaliação da Sustentabilidade do Biodiesel da Soja no Rio Grande do Sul: uma abordagem do ciclo de vida*. 238 f. Tese. (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.