# II-138 - AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DE DESCARGAS DE LODOS DE FOSSAS E TANQUES SÉPTICOS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

**Welitom Ttatom Pereira da Silva**[(1)]
Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Mestre em Ciências Florestais e Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Doutor em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (PTARH/UnB). Atualmente é Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (DESA/UFMT).
**Marco Antonio Almeida de Souza**
Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC/USP). PhD em Engenharia Ambiental pela Universidade de Birmingham, Reino Unido. Atualmente é professor e pesquisador colaborador do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília (PTARH/UnB).

**Endereço**[(1)]**:** Avenida Fernando Corrêa da Costa, No. 2367 – Bairro Boa Esperança – Cuiabá – MT – CEP 78060-900 – Brasil – Tel: (65) 3615-8723 – e-mail: welitom@ufmt.br

## RESUMO

A descarga de lodos de fossas e tanques sépticos diretamente nos sistemas municipais de esgotos ou em Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) é uma prática muito comum e que tem sido sugerida para a gestão desse tipo de lodos. Entretanto, podem ser verificados alguns problemas operacionais nas ETE que são reportados como impactos causados pelo lançamento desses lodos no sistema, como: aumento da frequência da limpeza de grades; aumento na quantidade de sólidos retidos; aumento na proliferação de vetores; aumento na proliferação de odores; obstrução e abrasão de equipamentos e tubulações; aumento na quantidade de sólidos retidos; sobrecarga no processo de tratamento; dificuldades de adaptação da microbiologia responsável pelo tratamento biológico; redução da remoção de matéria orgânica (DBO); deficiência na remoção de patógenos; redução da remoção da remoção de nutrientes; aumento dos custos de manutenção; aumento do custo do tratamento; aumento do custo com destinação final dos lodos da ETE; aumento no consumo de energia; aumento no emprego de produtos químicos; e aumento dos custos de transporte ao destino final dos lodos da ETE. No presente trabalho, foi proposto um *software* para estimar a extensão desses impactos em estações de tratamento de esgotos. Esse software tem inspiração em Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) e utiliza uma abordagem de Sistemas Especialistas (*Expert Systems*).

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodos, Fossas Sépticas, Tanques Sépticos, Impacto, Sistema Especialista, Estações de Tratamento de Esgotos.

## INTRODUÇÃO

Como missão, as estações de tratamento de águas residuárias municipais – ETAR, - ou estações de tratamento de esgotos – ETE -, devem reduzir os impactos gerados pelas águas residuárias no meio ambiente, atendendo a variados padrões ambientais. Nesse sentido, o projeto e a operação dessas estações são pensados de forma a permitir cumprimento dessa missão. No entanto, encontram-se na literatura relatos indicando que, comumente, problemas relacionados a projetos e a operação dificultam, de forma significativa, o seu pleno funcionamento. Um dos fatores que podem causar problemas operacionais nessas estações é a descarga de lodos de fossas e tanques sépticos (LFTS) nos sistemas de esgotos, fato que tem merecido a atenção de alguns pesquisadores. A descarga de lodos de fossas e tanques sépticos tem ficado muito comum, pois essa prática tem sido considerada uma alternativa interessante para a gestão e destino desse tipo de lodo, desde que se se respeite uma série de critérios (Campos *et al*., 2009). Além disso, pouco se conhece acerca da influência das condições de sobrecarga no desempenho da ETE.

Diante desse contexto, torna-se importante o desenvolvimento de ferramentas para a identificação de impactos causados pelo lançamento de LFTS. Dessa forma, tem-se como objetivo deste trabalho a proposta de uma forma de avaliação da extensão dos impactos causados pelo lançamento de lodos de fossas e tanques sépticos em estações de tratamento de águas residuárias. Selecionou-se para essa avaliação um formato de Sistema de Apoio à Decisão – SAD, com abordagem de Sistemas Especialistas (*Expert Systems*), que foi intitulado de SAD-SEPTIMPACT.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de pesquisa utilizada compreendeu as seguintes etapas: (1) revisão de literatura; (2) coleta de dados acerca do problema (base de dados); (3) obtenção domínio do conhecimento; (4) desenvolvimento do protótipo de sistema especialista; (5) avaliação do protótipo desenvolvido; e (6) aplicação de protótipo do sistema especialista desenvolvido.

Para a revisão de literatura, foi realizada consulta à bibliografia especializada e a análise das publicações correntes sobre o tema. Na coleta de dados acerca do problema, optou-se pela consulta à literatura correlata a pesquisa de impactos causados pelo lançamento de LFTS em ETE (artigos, dissertações, teses, outros). As Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5 mostram os atributos de entrada e as classificações adotadas de impacto e de aspecto ambiental, que foram coletados para elaboração do banco de dados de treinamento. Na Tabela 6 e na Figura 1 são apresentados, a título de exemplificação, os dados de entrada e saída, respectivamente, de um caso fictício criado para essa finalidade. Para a continuidade do desenvolvimento desta pesquisa, uma série de casos deverá ser coletada para obtenção da base de dados que serão utilizados para obtenção do domínio de conhecimento (regras de produção).

**Tabela 1: Tipologias de ETE (dado de entrada)**

| Descrição de tipologias de ETE | Gradiente (G1) |
|---|---|
| Lagoas de estabilização | 1 |
| Sistemas aeróbios | 2 |
| Sistemas anaeróbios | 3 |

**Tabela 2: Descrição de sobrecarga, gradiente e condições (dado de entrada)**

| Descrição de sobrecarga | Condição de sobrecarga | Gradiente ($G2_i$) |
|---|---|---|
| - até 1% | $C_{LFTSi}.Q_{LFTS} \leq C_{Ai}.Q_A.0{,}01 \quad i = 1, 2, \ldots, n$ | 1 |
| - de 1% até 5% | $C_{Ai}.Q_A.0{,}01 \leq C_{LFTSi}.Q_{LFTS} \leq C_{Ai}.Q_A.0{,}05 \quad i = 1, 2, \ldots, n$ | 2 |
| - mais do que 5% | $C_{Ai}.Q_A.0{,}05 < C_{LFTSi}.Q_{LFTS} \quad i = 1, 2, \ldots, n$ | 3 |

$C_{LFTSi}$ é a concentração da variável *i* de qualidade do LFTS; $Q_{LFTS}$ é a vazão de descarga de LFTS na ETE; $C_{Ai}$ é a concentração da variável *i* de qualidade de efluente; $Q_A$ é a vazão de afluente da ETE; i = 1, 2, …, *n* = 8 são as variável de qualidade de DQO, DBO, ST, SV, SF, NKT, PT e CT, respectivamente; A é o afluente da ETE; LFTS é o lodo de tanque e fossa séptica descarregada na ETE.

**Tabela 3: Descrição de sobrecarga, gradiente e condições (dado de entrada)**

| Descrição de sobrecarga | Gradiente (G3) |
|---|---|
| Descarga contínua (distribuída ao longo da operação) | 1 |
| Descarga pontual (até três descargas ao dia) | 2 |
| Descarga intermitente (várias vezes ao dia) | 3 |

**Tabela 4: Classificação do impacto ambiental (dado de saída)**

| Nível de importância | Escore | Simbologia |
|---|---|---|
| Impacto não importante | 1 | • |
| Impacto pouco importante | 2 | •• |
| Impacto importante | 3 | ••• |

Fonte: Adaptado de Sánchez (2008)

**Tabela 5: Classificação do aspecto ambiental (dado de saída)**

| Nível de significância | Escore | Simbologia |
|---|---|---|
| Aspecto não significativo | 1 | + |
| Aspecto pouco significativo | 2 | ++ |
| Aspecto significativo | 3 | +++ |

Fonte: Adaptado de Sánchez (2008)

**Tabela 6: Dados de entrada do caso fictício criado para exempificação**

| G1 | $G2_{i=1}$ | $G2_{i=2}$ | $G2_{i=3}$ | $G2_{i=4}$ | $G2_{i=5}$ | $G2_{i=6}$ | $G2_{i=7}$ | $G2_{i=8}$ | G3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 |

| AT | Clas. de aspectos<br>+: Não significativo<br>++: Pouco significativo<br>+++: Significativo<br><br>Clas. de impactos<br>•: Não importante<br>••: Pouco importante<br>•••: Importante | | IMPACTOS AMBIENTAIS | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Descarga de LFTS em ETE | ASPECTOS | | Aumento da frequência da limpeza de grades (IA1) | Aumento na quantidade de sólidos retidos (IA2) | Aumento na proliferação de vetoreS (IA3) | Aumento na proliferação de odores (IA4) | Obstrução e abrasão de equipamentos e tubulações (IA5) | Aumento na quantidade de sólidos retidos (IA6) | Sobrecarga no tratamento (IA7) | Dificuldade de adaptação das bactérias (IA8) | Redução da remoção de matéria orgânica (DBO) (IA9) | Deficiência na remoção de patógenos (IA10) | Redução da remoção de nutrientes (IA1) | Aumento dos custos de manutenção (IA12) | Aumento do custo do tratamento (IA13) | Aumento do custo com destinação final (IA14) | Aumento no consumo de energia (IA15) | Aumento no emprego de produtos químicos (IA16) | Aumento dos custos de transporte e destino final (IA17) |
| +++ | Tratamento preliminar | AA1 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | •• | • | • | • | •• | • |
| + | | AA2 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | | AA3 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | | AA4 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | | AA5 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | | AA6 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | Tratamento primário | AA7 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | | AA8 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | | AA9 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | Tratamento secundário | AA10 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | | AA11 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | | AA12 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | | AA13 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | | AA14 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | | AA15 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | | AA16 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | Tratamento terciário | AA17 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | | AA18 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| + | | AA19 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |

AT: atividade; Clas.: classificação; AA1: aspecto ambiental Retenção de sólidos grosseiros; AA2: aspecto ambiental Produção de gases odoríferos; AA3: aspecto ambiental Consumo de energia elétrica; AA4: aspecto ambiental Utilização de mão de obra; AA5: aspecto ambiental Proliferação de vetores; AA6: aspecto ambiental Utilização de aterro sanitário; AA7: aspecto ambiental Retenção de sólidos; AA8: aspecto ambiental Atividade microbiológica; AA9: aspecto ambiental Utilização de mão de obra; AA10: aspecto ambiental Produção de gases odoríferos; AA11: aspecto ambiental Redução de matéria orgânica; AA12: aspecto ambiental Trocas gasosas; AA13: aspecto ambiental Consumo de energia elétrica; AA14: aspecto ambiental Produção de lodo; AA15: aspecto ambiental Atividade microbiológica; AA16: aspecto ambiental Utilização de mão de obra; AA17: aspecto ambiental Consumo de produtos químicos; AA18: aspecto ambiental Consumo de energia elétrica; AA19: aspecto ambiental Produção de lodo

**Figura 1: Matriz de avaliação de aspecto e impacto ambiental de descargas de lodos de fossas e tanques sépticos no tratamento de águas residuárias (dados de saída do caso fictício criado para exempificação)**

Para obtenção do domínio de conhecimento (obtenção das regras), fez-se utilização da técnica de aprendizado de máquina, que busca extrair informações, de modo automático, a partir da base de dados de treinamento (banco de dados). Mais especificamente, fez-se a utilização da árvore de decisão, que é um dos métodos de aprendizado supervisionado de máquina mais usado na prática (Artero, 2009). O método fundamenta-se na construção da árvore de decisão a partir da base de dados de treinamento. Para a construção da árvore de decisão, adotou-se o emprego do algoritmo J48, que é um dos algoritmos mais conhecidos e utilizados para a construção de árvores de decisão (Artero, 2009). O algoritmo J48 se baseia em exemplos e utiliza uma função de distância baseada na medida da entropia, sendo seu detalhamento apresentado por Artero (2009). Para aplicação do algoritmo J48, realizou-se o emprego da ferramenta de mineração de dados Weka (Waikato Environment for Knowledege Analysis), desenvolvida na Universidade de Waikato, na Nova Zelandia.

Um exemplo da regra de produção, obtida a partir dos dados do caso fictício adotado e do uso do algoritmo J48, encontra-se na Equação (1).

$$
\begin{array}{lll}
Se & G1 = 2 & e \\
 & G2_{I=1} = 2 & e \\
 & G2_{I=2} = 2 & e \\
 & G2_{I=3} = 3 & e \\
 & G2_{I=4} = 3 & e \\
 & G2_{I=5} = 2 & e \\
 & G2_{I=6} = 3 & e \\
 & G2_{I=7} = 3 & e \\
 & G2_{I=8} = 2 & e \\
 & G3 = 3 & \\
Então & AT - AA1 = +++; AA1 - IA12 = \bullet\bullet; AA1 - IA16 = \bullet\bullet & \\
 & \text{Demais AA e IA tem pouca influência} &
\end{array}
\qquad \text{(Equação 1)}
$$

Para o desenvolvimento do protótipo do sistema especialista, fez-se uso de planilhas e macros do MS Excel (em linguagem VBA). A representação do conhecimento se deu por meio de conjunto de regras de produção (***Se*** condição – ***Então*** ação).

Para realização da inferência, adotou-se a técnica de encadeamento direto (forward). A avaliação do protótipo desenvolvido realizar-se-á pela utilização do método utilizado por Collier *et al*. (1999) e o teste de Turing.

## RESULTADOS

Da revisão de literatura, obteve-se uma lista de possíveis impactos ambientais, encontrados na literatura, decorrentes da descarga de LFTS em ETEs, Tabelas 6a e 6b.

**Tabela 6a: Lista dos prováveis impactos causados pelo lançamento de LFTS em ETEs**

| Nº | Prováveis Impactos relacionados ao lançamento de LFTS | Nº | Prováveis Impactos relacionados ao lançamento de LFTS |
|---|---|---|---|
| 1 | Aumento da frequência da limpeza de grades | 15 | Propagação de doenças de veiculação hídrica |
| 2 | Aumento na quantidade de sólidos retidos | 16 | Mortandade de fauna aquática |
| 3 | Aumento na proliferação de vetores | 17 | Contaminação do solo |
| 4 | Aumento na proliferação de odores | 18 | Deficiência na remoção de umidade do lodo |
| 5 | Obstrução e abrasão de equipamentos e tubulações | 19 | Deficiência na remoção de volume do lodo |
| 6 | Aumento nos custos de manutenção das instalações | 20 | Deficiência na remoção da parcela de DBO biodegradável |

**Tabela 6b: Lista dos prováveis impactos causados pelo lançamento de LFTS em ETEs**

| Nº | Prováveis Impactos relacionados ao lançamento de LFTS | Nº | Prováveis Impactos relacionados ao lançamento de LFTS |
|---|---|---|---|
| 7 | Sobrecarga no tratamento | 21 | Comprometimento do aproveitamento do lodo tratado |
| 8 | Dificuldade de adaptação das bactérias | 22 | Aumento no emprego de energia |
| 9 | Diminuição da eficiência de remoção de matéria orgânica (DBO) | 23 | Aumento no emprego de produtos químicos |
| 10 | Deficiência na remoção de patógenos | 24 | Dificuldades no manuseio do lodo a ser transportado |
| 11 | Diminuição da eficiência de remoção de nutrientes | 25 | Aumento dos custos de transporte e destinação final do lodo |
| 12 | Diminuição da qualidade do efluente tratado | 26 | Contaminação de aterro |
| 13 | Eutrofização do corpo receptor | 27 | Contaminação de trabalhadores que irão manusear o lodo |
| 14 | Comprometimento visual do corpo receptor | 28 | Aumento no custo do tratamento |

A coleta de dados resultou em um banco de dados com cerca de 2.400 dados, que foi a base de inferência do SAD-SEPTIMPACT. O domínio de conhecimento indicou um conjunto com certa de 20 regras de produção. O desenvolvimento do sistema especialista resultou num software (SAD-SEPTIMPACT), que, a partir de um conjunto de dados de entrada (características da ETE, do LFTS e da descarga LFTS), identifica e apresenta intensidades de aspectos e impactos ambientais. A Figura 2 apresenta a tela de entrada do SAD-SEPTIMPACT.

**Figura 2: Tela de entrada do SAD-SEPTIMPACT**

Sobre a avaliação do protótipo desenvolvido, foram encontrados alguns problemas, como a escassez de dados acerca do tema estudado, e a complexidade para a obtenção de inferências robustas acerca da identificação dos aspectos e impactos objetos desta pesquisa. Como alternativa para reduzir esse problema, o modelo permite a entrada de novas regras, resultando em maior robustez em sua inferência.

Também, encontrou-se como resultado apresentado pelo SAD-SEPTIMPACT, a Matriz de Avaliação de Aspecto e Impacto para variados casos de descarga de LFTS em ETE. Na Figura 3 é apresentada a Matriz de Avaliação de Aspecto e Impacto (Resultado do SAD-SEPTIMPACT) para o caso de estudo fictício criado para fins de exemplificação.

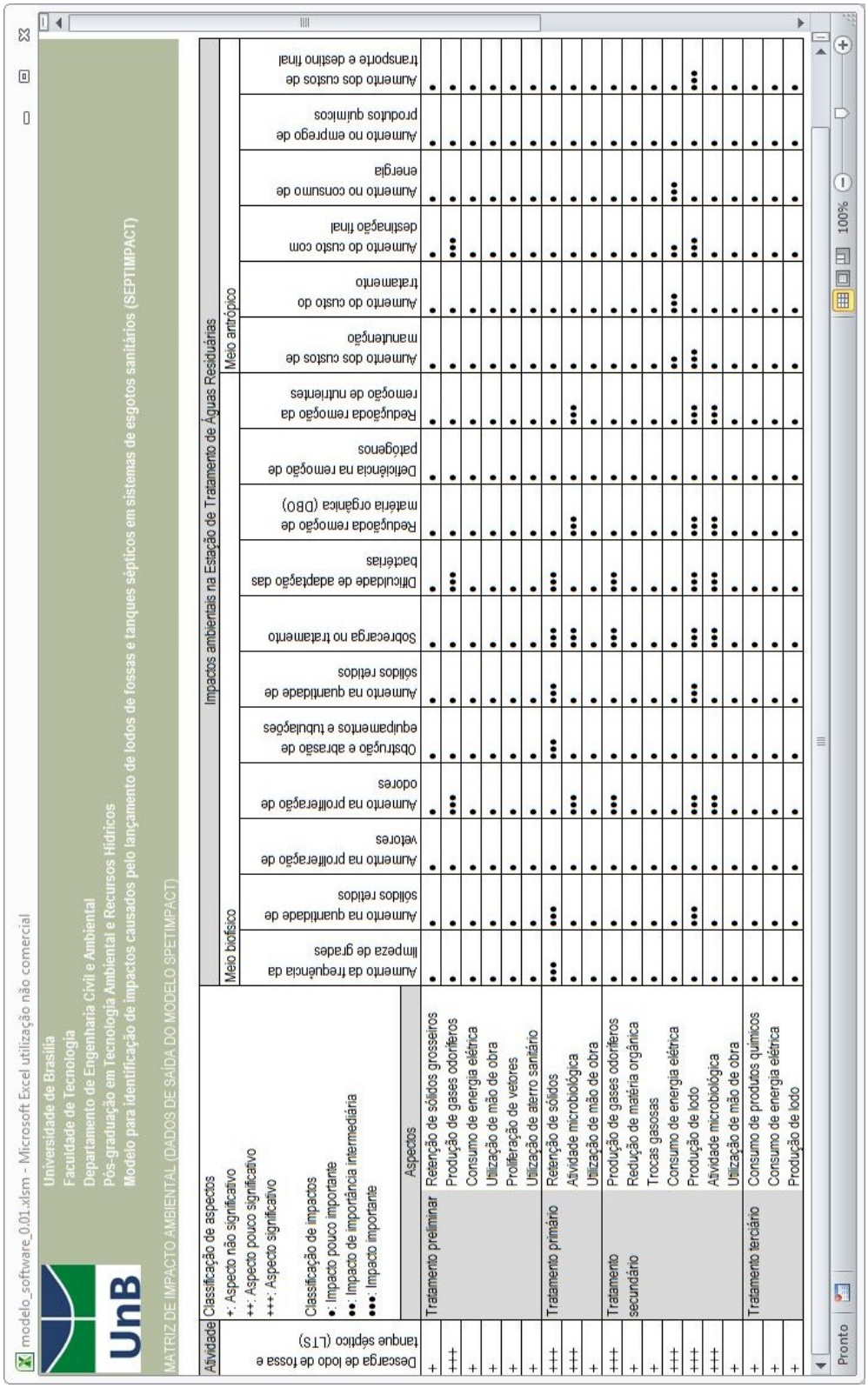


**Figura3: Matriz de Avaliação de Aspecto e Impacto para o caso fictício (saída do software)**

As características do LFTS e da ETE que foram considerados no caso fictício, criado para fins de exemplificação, estão apresentadas na Figura 4. De acordo com os resultados, sete aspectos (incluindo produção de gases odoríferos, retenção de sólidos, atividade microbiológica, além de outros) podem ser considerados como aspectos significativos e vários impactos ambientais podem ser considerados como

importantes (incluindo o aumento da frequência da limpeza de grades, aumento na quantidade de sólidos retidos, aumento na proliferação de odores, além de outros). Dessa forma, programas e/ou projetos que visem à minimização desses impactos devem ser previamente pensados antes do início efetivo da descarga de LFTS na ETE. Os resultados da avaliação de aspectos e impactos ambientais de descargas de LFTS no tratamento de águas residuárias pode auxiliar na operação de ETE.

Um ponto importante a ser considerado diz respeito a necessidade de avaliação do protótipo desenvolvido (método de Collier *et al*. (1999) e o teste de Turing). Devido a grande dificuldade de obtenção recursos humanos (especialistas) dispostos a colaborar com a avaliação do SAD-SEPTIMPACT, sugere-se aqui, a continuidade do estudo dando enfoque na avaliação e aprimoramento do mesmo por meio. A aplicação do SAD-SEPTIMPACT em variados casos reais pode ser um caminho válido a resolução dessa dificuldade. Informações adicionais acerca da utilização do SAD-SEPTIMPACT pode ser obtida no endereço eletrônico www.ptarh.unb.br/.

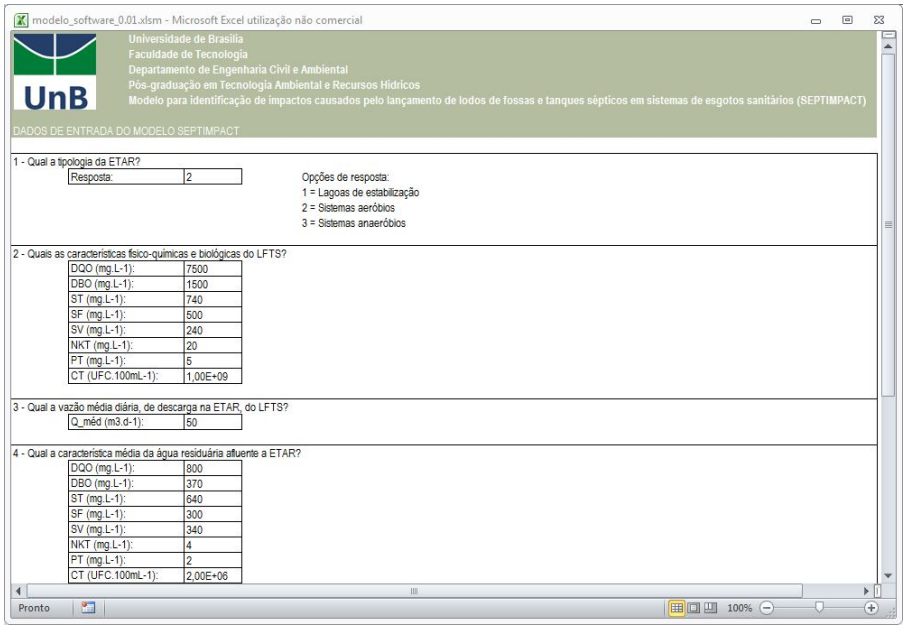


**Figura 4: Características da ETE e do LFTS (caso fictício)**

## CONCLUSÕES

Foi desenvolvida uma ferramenta para avaliar a extensão dos impactos causados pelo lançamento de lodos de fossas e tanques sépticos na estação de tratamento de águas residuárias (um SAD – Sistema de Apoio à Decisão), inspirada na abordagem de Sistemas Especialistas. Essa ferramenta pode ser aprimorada por meio de sua utilização com a inserção de maior conhecimento (mais regras de produção).

Sugere-se a continuidade do estudo, especialmente com enfoque no incremento de novos conhecimentos. Sugere-se, também, a aplicação da ferramenta a casos reais e a utilização desses casos para calibração da ferramenta desenvolvida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Collier, P. A.; Leech, S. A.; Clark, N. A validated expert system for decision making in corporate recovery. International Journal of Intelligence System in Accounting, Finance & Management, V. 8, pp.75-88. 1999.
2. Giarratano, J. C.; Riley, G. D. Expert system: principles and programming. 4 ed.. Boston, Estados Unidos: PWS Publishing Company, 2004, 842p.
3. Sánchez, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo, Brasil: Oficina de textos, 2008, 495 p.