

VI-042 - ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE UM WETLAND CONSTRUÍDO PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO – ANÁLISE DE INVENTÁRIO E IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA CONSTRUÇÃO DO SISTEMA

Desirê Armborst Alves⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Mestranda em Engenharia Ambiental – Área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Delmira Beatriz Wolff⁽²⁾

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Ambiental pela UFSC. Doutora em Engenharia Ambiental pela UFSC. Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Elvis Carissimi⁽³⁾

Engenheiro Civil pela Universidade de Passo Fundo (UPF). Mestre em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutor em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais pela UFRGS. Professor Adjunto da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Taíse Perondi⁽⁴⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Samara Terezinha Decezaro⁽⁵⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre em Engenharia Civil – Área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFSM. Doutoranda em Engenharia Civil – Área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental na UFSM.

Endereço⁽¹⁾: Corredor São Pedro, 119 – Santo Inácio – Santa Cruz do Sul – RS – CEP: 96820-570 – Brasil – Tel: (51) 9875-1722 – e-mail: desire.armborst@hotmail.com

RESUMO

Considerada uma das ferramentas mais completas de avaliação de impactos ambientais, a Análise de Ciclo de Vida – ACV objetiva o estudo detalhado das possíveis emissões geradas por um processo ou produto. Este trabalho avaliou os impactos ambientais gerados pela construção de um sistema de *wetland* construído de fluxo vertical fazendo uso desta ferramenta. O *wetland* em estudo foi construído na Casa do Estudante Universitário da Universidade Federal de Santa Maria. Medindo 7,0 metros de comprimento, 3,5 metros de largura e 1,15 metros de profundidade, o filtro foi projetado para tratar aproximadamente 1.500 litros por dia de esgoto doméstico, equivalente ao gerado por 10 habitantes da casa. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo realizar o levantamento do Inventário do Ciclo de Vida – ICV da construção do sistema de tratamento e verificar os principais impactos causados por esta etapa. Por meio da quantificação dos materiais de construção utilizados, fez-se o levantamento dos impactos ambientais decorrentes da etapa construtiva utilizando-se o *software* Simapro[®]7.3. Observou-se que a maior contribuição para os impactos ambientais negativos se deu pela utilização dos blocos cerâmicos para a construção do sistema, o que levanta o questionamento quanto à possibilidade da utilização de materiais alternativos em obras.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Ciclo de vida, Impactos Ambientais, Inventário de Ciclo de Vida.

INTRODUÇÃO

Segundo o Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB (2013), no ano de 2010 apenas 39,7% do esgoto gerado no Brasil era tratado adequadamente, sendo 50,7% tratado precariamente e 9,6% não recebendo tratamento algum. No ano de 2013, conforme o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, o índice de coleta de esgotos nas cidades do Rio Grande do Sul variava de 20,1 a 40%.

Esta carência de saneamento no Brasil promove um preocupante panorama pois o lançamento de efluentes sem tratamento em corpos receptores pode comprometer a qualidade da água, afetar a saúde humana e causar sérios desequilíbrios ambientais nos sistemas aquáticos.

Alternativas são necessárias para sanar problemas relacionados à falta de tratamento de esgoto sanitário. Dentro deste contexto, pode-se citar sistemas de tratamento de esgoto descentralizados, com menor custo e de manutenção mais simplificada, como o caso dos *wetlands* construídos.

Assim como outros processos, a construção e operação de um sistema de *wetland* construído ocasiona impactos ambientais, que podem ser positivos ou negativos. Um sistema de *wetland* construído foi implantado na Universidade Federal de Santa Maria, visando tratar os efluentes domésticos de um dos prédios da casa do estudante. Sabendo-se que a instalação e operação de uma ETE geram impactos ambientais, torna-se necessário identificá-los e buscar alternativas de mitigação. No processo de escolha por uma tecnologia de tratamento de efluentes, cabe analisar a alternativa que será mais eficiente na remoção de poluentes visando o alcance de parâmetros estipulados na resolução CONAMA 430/2011 e em legislações estaduais. Com o aumento da preocupação ambiental, esta busca por uma alternativa de tratamento vem acompanhada pelo interesse em uma tecnologia social, ambiental e economicamente mais viável.

Dentre as ferramentas para avaliação de impactos ambientais, a Análise do Ciclo de Vida é considerada a mais completa. Para realização de um estudo de ACV, segundo a NBR 14.040, conta-se com quatro etapas distintas, consideradas de grande importância para o sucesso do estudo, conforme observado na Figura 1.

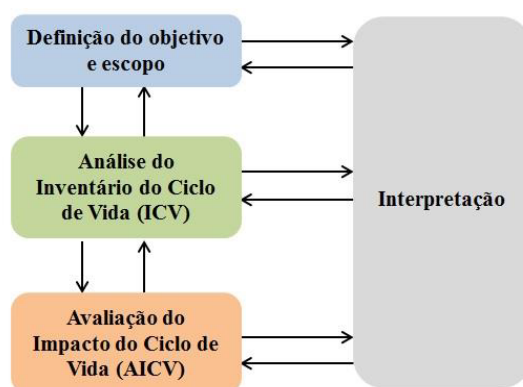


Figura 1 - Fases da ACV
Fonte: Adaptado de NBR 14.040 (ABNT, 2009).

Sendo a segunda fase da ACV, a fase de Inventário do Ciclo de Vida consiste, segundo Chehebe (1998), na coleta e quantificação de todas as variáveis envolvidas no processo: matérias-primas, energia, transporte, emissões (para o ar, solo e água), efluentes líquidos e resíduos sólidos gerados, dentre outras. Segundo ACV Brasil (2015) esta etapa compreende ainda os procedimentos de cálculos para quantificar as entradas e saídas do produto ou processo estudado.

Este estudo consistiu na elaboração do ICV da fase de construção do sistema de tratamento de esgoto constituído por um *wetland* construído, na verificação dos principais impactos ambientais causados por esta etapa, analisando ainda qual o dado do ICV que mais contribuiu na ocorrência do impacto.

MATERIAIS E MÉTODOS

DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO

Para realizar o levantamento do ICV do sistema analisado, foram analisados todos os aspectos construtivos do sistema. A Estação de Tratamento de Esgoto – ETE, projetada para receber 1.500 litros diários de esgoto, é constituída por:

- Caixa de passagem com bomba submersível: Sendo a primeira etapa da ETE, esta consiste no recebimento do esgoto bruto, que é bombeado ao tanque de equalização.
- Tanque de equalização: Com a função de homogeneizar a vazão de efluente, o tanque equalizador tem capacidade para armazenar 3 mil litros de efluente.
- Medidores de vazão: A medição de vazão do efluente da ETE é realizada com o uso de medidores ultrassônicos instalados em vertedores triangulares, tanto na entrada quanto na saída do sistema de tratamento.
- Tanque séptico: Tem a função de sedimentar os sólidos e realizar a desnitrificação do efluente.
- Bombeamento: Para o bombeamento do efluente do tanque séptico para o filtro, há uma bomba Kajima modelo QB 60, bivolt, 110V/220V, 60 Hz.
- *Wetland* de fluxo vertical: Medindo 7 metros de comprimento, 3,5 metros de largura e 1,15 metros de profundidade (Figura 2), o filtro conta com 0,70 metro de material de recheio, composto por uma camada de brita 2 ao fundo e outra à superfície, e por uma camada de brita 1 entre as duas camadas.

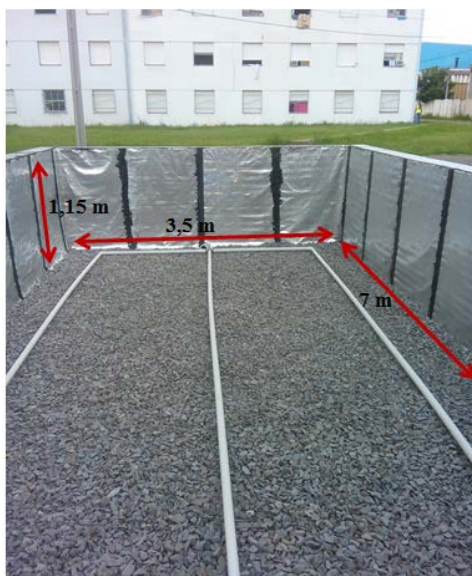


Figura 2 – Detalhe do filtro (7 m de comprimento, 3,5 m de largura e 1,15 m de profundidade)

- Caixa de coleta: Trata-se da caixa de coleta do efluente tratado. Parte deste efluente será descartada, sendo uma parte recirculada.
- Recirculação: Tubulação de transporte do efluente final para o tanque séptico, para que ocorra a desnitrificação.

Na Figura 3 podem ser observadas algumas etapas da construção do *wetland*.



Figura 3 - Etapas da construção do filtro. a) e b) fundações; c) alvenaria; d) revestimento

Tendo todos os dados dos aspectos construtivos do sistema, pode-se avançar para a etapa de Análise do Inventário do Ciclo de Vida desta fase.

ANÁLISE DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA - ICV

Como já citado, a fase do ICV envolve o levantamento dos insumos e materiais utilizados no processo, bem como das emissões geradas. Assim, o Inventário de Ciclo de Vida deste estudo trata-se do levantamento da quantidade de cada material citado na Tabela 1 para identificação dos impactos ambientais causados pela construção.

Vale ressaltar que, para o levantamento do ICV da construção do sistema, realizou-se o quantitativo dos materiais presentes em maior quantidade na obra. Foram desconsiderados parafusos e outros materiais considerados de pequena influência nos impactos ambientais da obra, por estarem presentes em pequena quantidade.

Na Tabela 1 encontram-se citados os materiais considerados, bem como a sua utilização na construção.

Tabela 1 – Materiais inventariados para a avaliação dos impactos ambientais da obra e sua utilização

Material	Utilização
Cimento	Composição da argamassa.
Areia	Composição da argamassa.
Cal	Composição da argamassa.
Brita	Preenchimento do filtro e fundação da obra
Tijolo maciço	Alvenarias
Tijolo 6 furos	Alvenarias
PVC	Tubulações de esgoto
Aço	Fundação da obra
Fibra de vidro	Caixa d'água utilizada para equalização

Todos os materiais são medidos em massa (kg). Sendo assim, toda a quantidade obtida em metros, unidades ou litros foi convertida em massa, para fins de lançamento dos dados no *software* de Análise de Ciclo de Vida. Os valores encontrados foram contabilizados levando em conta o tempo de vida útil do sistema de 20 anos.

Para chegar aos resultados totais de cada material da construção do sistema, foram realizadas medições diretas e cálculos para estimativas no caso de não ser possível a medição direta. O método de medição de cada material pode ser verificado na Tabela 2.

Tabela 2 – Método de quantificação dos materiais da construção

Material	Utilização
Cimento Areia Cal	Cálculo com base no perfil de argamassa utilizado. O perfil utilizado foi o de 1:2:8, que significa 1 porção de cimento para cada 2 porções de cal e 8 porções de areia. Para o cálculo do volume total de argamassa foi calculada a área total de cada parede ou planície e considerado 1 centímetro de juntas entre os tijolos.
Brita	Foi considerado o volume total de brita utilizado para o preenchimento do filtro e a quantidade utilizada na fundação de todas as partes de alvenaria (concreto).
Tijolos	A quantidade de tijolos foi calculada com base nas medidas de cada tijolo. Assim, considerando a junta de 1 cm de argamassa entre eles, fez-se o cálculo de tijolos utilizados por metro quadrado de construção.
PVC	Toda a tubulação de esgoto foi medida diretamente na estação e todas as peças foram consideradas (joelhos, curvas, plugs, dentre outros).
Aço	Estimativa da quantidade necessária para a fundação da obra, levando em consideração as características da mesma.
Fibra de vidro	Consulta do peso aproximado da caixa d'água de fibra de vidro com capacidade de armazenamento de 3.000 litros.

Todas as quantidades foram multiplicadas pelo peso específico do material, para chegar-se na unidade única adotada, o Kg.

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

Após levantamento de todos os dados citados anteriormente, fez-se uso do *software* SimaPro para a avaliação dos impactos ambientais da obra. Para realização desta etapa, foi utilizado o Simapro® 7.3, método ReCiPe e banco de dados Ecoinvent®. Ao analisar os resultados, foram escolhidas, dentre todas as categorias de impacto, as consideradas mais significativas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA DA CONSTRUÇÃO DO SISTEMA

Na Tabela 3 encontram-se os cálculos e valores encontrados para os tijolos e argamassa.

Tabela 3 – Quantidade e massa total de tijolos e volume de argamassa utilizados na obra

Construção	Área (m²)	Tipo e número de tijolos	Massa total de tijolos (kg)	Argamassa (m³)
Base da caixa d'água	20,8	832 tijolos 6 furos	1830,4	0,2375
Filtro	24,15	1642 tijolos maciços	3.448,2	0,4819
Medidor de vazão 1	1,58	108 tijolos maciços	226,8	0,031
Medidor de vazão 2	1,001	68 tijolos maciços	142,8	0,019976
Caixa de passagem	1,456	99 tijolos maciços	207,9	0,02905
Tanque séptico	8,9535	609 tijolos maciços	1278,9	0,1786
TOTAIS	57,95 m²	3358 tijolos	7135 kg	0,978 m³

Com o valor total de argamassa, foram calculados os quantitativos de areia, cal e cimento. Levando em consideração o traço de argamassa de 1:2:8, tem-se, sendo o 11 o número total de partes, somando-se as porções de cimento, cal e areia ($1+2+8 = 11$):

$$\text{Total de cimento} = \frac{0,978 \text{ m}^3 \text{ de argamassa}}{11}$$

$$\text{Total de cal} = \text{Total de cimento} \times 2$$

$$\text{Total de areia} = \text{Total de cimento} \times 8$$

Assim, foram encontrados os valores exibidos na Tabela 4.

Tabela 4 – Quantitativo de cimento, cal e areia da argamassa utilizada na obra.

Insumo/Material	Volume (m ³)	Peso específico (kg/m ³)	Massa total (kg)
Cimento	0,08907	1.200	106,7
Cal	0,178	1.700	302,6
Areia	0,7115	1.700	1209,55

Para conhecimento das quantidades de areia, cimento, cal e brita necessárias para a constituição do concreto, adotou-se o método ABCP de dosagem de concreto (CURTI, 2013). Assim encontraram-se os valores descritos na Tabela 5.

Tabela 5 – Composição do concreto

Volume total de concreto (m ³)	Areia	Brita	Cimento
2,85 m ³ , sendo: Areia: 824,35 kg/m ³ Brita: 1104 kg/m ³ Cimento: 344,83 kg/m ³	2349,39 kg	3146,4 kg	982,77 kg

Em relação ao material de PVC, foi realizado o levantamento de cada tipo de tubo e peça, chegando-se ao valor total aproximado de 30 kg.

Conhecidos os valores de todos os materiais e estimados alguns cujo os valores exatos eram mais difíceis de ser encontrados, chegou-se aos valores totais de materiais demonstrados na Tabela 6.

Tabela 6 – Total de materiais da fase de construção inventariados

Material	Quantidade total (kg)
Cimento	1089,47
Areia	3560,39
Brita	27.059,50
Tijolos	7135
PVC	30
Cal	302,77g
Aço	187,59
Fibra de vidro	45

Os dados demonstrados na Tabela 6 foram inseridos no Simapro[®]7.3 para a Avaliação dos Impactos Ambientais da obra do sistema.

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

Para a avaliação de impactos ambientais, foram selecionadas algumas categorias de impacto consideradas de maior relevância. Sendo assim, pode-se observar na Figura 4 a caracterização da ACV da construção da estação de tratamento. A caracterização é a forma de avaliar qual o processo ou produto mais impactante dentro de cada categoria de impacto.

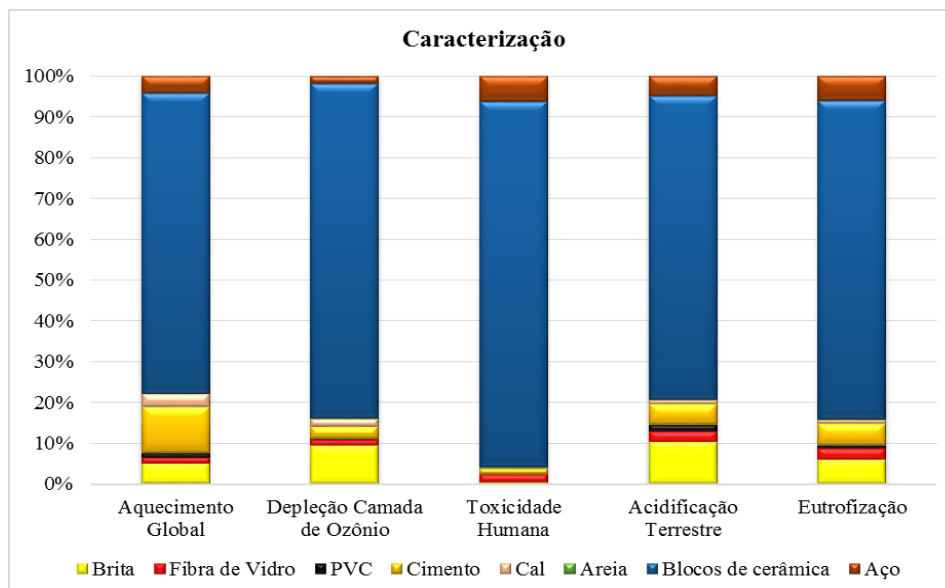


Figura 4 – Caracterização da fase de construção, considerando todos os materiais inventariados.

Analisando a Figura 4, pode-se verificar que os tijolos (blocos cerâmicos) são os mais impactantes em todas as categorias, sendo que na categoria Toxicidade Humana este aspecto representa cerca de 90% dos impactos causados pela construção. Com este resultado, pode-se levantar a importância do estudo de materiais de construção alternativos, uma vez que possam vir a ser menos impactantes ao meio ambiente.

Na categoria aquecimento global, tem-se o cimento como segundo material mais impactante, seguido pela brita e pelo aço, que, juntos, contabilizam cerca de 20% dos impactos. O aço contabiliza ainda cerca de 5 a 8% nos impactos das demais categorias analisadas. A brita representa 10% dos impactos na categoria de acidificação terrestre e depleção da camada de ozônio.

A areia, o PVC, a cal e a fibra de vidro não apresentaram dados significativos em nenhuma das categorias analisadas.

Estes dados são importantes para analisar qual o material mais impactante em determinada categoria, auxiliando assim na busca por materiais de construção alternativos, que agredam menos o meio ambiente em toda a sua cadeia produtiva.

CONCLUSÕES

A elaboração do ICV é a principal etapa da ACV, sendo também a fase mais demorada e de difícil elaboração, tornando-se indispensável sua realização antes do uso de algum *software* para a interpretação dos impactos ambientais gerados por determinado sistema ou produto.

O presente trabalho consistiu no levantamento do Inventário do Ciclo de Vida da fase construtiva de um sistema de tratamento de esgoto constituído por um *wetland* construído de fluxo vertical, fazendo análise dos impactos ambientais apenas desta etapa, desconsiderando a etapa de operação do sistema.



O detalhamento do levantamento de dados é de suma importância para que a avaliação dos impactos ambientais seja mais próxima possível da realidade. Esse fato confirma a importância do comprometimento na elaboração do Inventário do Ciclo de Vida de determinado processo ou produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14.040. Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura**. Rio de Janeiro, 2009.
2. ACV BRASIL. **Avaliação do Ciclo de Vida com SimaPro®**. Apostila de treinamento. Rio de Janeiro, 2015.
3. CHEHEBE, J. R. B. **Análise do Ciclo de Vida de produtos – ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro, 1998.
4. CURTI, R. Propriedades e dosagem do concreto. Slides de aula. Curso Intensivo de Tecnologia Básica do Concreto. 2013. Disponível em http://aquarius.ime.eb.br/~moniz/matconst2/dosagem_abcp.pdf. Acesso em 24 fev. 2016.
5. PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO – PLANSAB. **Mais saúde com mais qualidade de vida e cidadania**. Brasília, 2013.
6. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico dos serviços de água e esgoto. 2013. Disponível em <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2013>>. Acesso em: 12 set. 2015.