

## II-391 – AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DE SOLUÇÕES DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA NOVOS LOTEAMENTOS URBANOS – ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA

**Anselmo Claudino de Sousa<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental. Mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás. Professor Assistente da Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

**Heldon Frank Freitas Pereira**

Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

**Rene de Jesus Oliveira**

Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Universitária N. 1.440, Setor Leste Universitário- GO - CEP: 74605-010 - Brasil - E-mail: anselm.puc@gmail.com

### RESUMO

No Brasil, há um alto déficit em relação aos serviços de coleta, transporte e tratamento de esgoto. Diante disso, o debate a respeito dos rumos do saneamento nos municípios brasileiros é cada vez maior. A demanda pelos serviços de esgotamento sanitário é crescente, em razão de que a ausência de serviços adequados de esgotamento sanitário é causa de doenças de veiculação hídrica e poluição das águas. Desta forma, esta pesquisa realizou uma análise multicritério, levando em conta aspectos tecnológicos, econômicos, ambientais e sociais, para avaliar qual a melhor solução de esgotamento sanitário para um novo loteamento na cidade de Goiânia, conforme orientações da concessionária local de saneamento. Para a análise multicritério, foi adotado o método Analytic Hierarchy Process (AHP) devido à sua capacidade de organizar problemas complexos de maneira simples e intuitiva. Para aplicação do método, foi utilizado o software Expert Choice, garantindo, portanto, a qualidade na elaboração do modelo multicritério.

**PALAVRAS-CHAVE:** Esgotamento sanitário, esgoto, parcelamento do solo, multicritério.

### INTRODUÇÃO

A lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, nos seus quatro componentes: abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais. Entre outros aspectos, destaca-se, na referida lei, a universalização da prestação dos serviços, com a ampliação progressiva do acesso para todos os domicílios, sendo os serviços ofertados de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente.

Embora o Brasil possua instrumento legal para regulamentar os serviços de saneamento, o que inclui o de esgotamento sanitário, ainda o país possui um alto déficit dos serviços de coleta, transporte e tratamento de esgoto. Assim, é cada vez maior o debate a respeito das demandas e soluções dos serviços de esgotamento sanitário, sejam para toda a cidade ou para novos loteamentos.

Nesse debate, sempre se destaca a necessidade de investimentos no setor para alcançar a universalização, uma vez que a ausência desse serviço provoca outros dois grandes problemas, a saber: (i) proliferação de doenças de veiculação hídrica, acarretando o inchaço dos sistemas de saúde, (Moreira, 2002); (ii) poluição ambiental, principalmente dos recursos hídricos (MPO/SEPURB/IPEA, 1995).

A lei federal 6.766/1979 – que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências – considera que o abastecimento de água potável e o esgotamento sanitário são infraestruturas básicas para parcelamento do solo urbano. A lei também define que a responsabilidade de implantação dessas infraestruturas é do loteador, de acordo com as especificações e a aprovação dos municípios e das companhias de saneamento.

Em Goiás, a responsabilidade pela implantação de sistema de esgotamento sanitário para novos loteamentos é motivo de controvérsia entre as legislações federais e estaduais. No tocante a esse assunto, existem divergências entre a Lei 6.766/1979 e a Lei Estadual 18.189/2013. Na contramão do que é disposto em âmbito federal, o estado de Goiás permitiu, nos termos da Lei Estadual 18.189/2013, que o loteador possa acordar com o comprador/adquirente que este se responsabilize pela solução para esgotamento sanitário, no caso pela construção de tanque séptico com sumidouro, conforme as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), quando não houver possibilidade de integração com um sistema de esgotamento já existente. Logo, de acordo com a lei estadual, o loteador fica eximido de qualquer responsabilidade decorrente da não construção de um sistema adequado de esgotamento sanitário.

Nesse contexto, o estado de Goiás está muito aquém da média brasileira no que se refere aos serviços de esgotamento sanitário. Segundo dados do último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, enquanto a média nacional de domicílios atendidos por algum tipo de sistema de esgotamento sanitário era de 55%, no estado de Goiás, apenas 36% dos domicílios eram atendidos.

Diante do impasse legal exposto e considerando que um sistema adequado de esgotamento sanitário se desdobra em economia de recursos financeiros com tratamento de doenças e preservação do meio ambiente, este trabalho apresenta uma avaliação das soluções viáveis para esse serviço básico para um novo loteamento. A avaliação consiste na análise multicritério das possíveis soluções apontadas pela companhia de saneamento local para novos loteamentos, de forma a apresentar a melhor solução. A análise considera critérios de acordo com os aspectos tecnológicos, econômicos, ambientais e sociais.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Segundo dados do Sistema Nacional de Informação de Saneamento (SNIS, 2014), em 2013, o atendimento de áreas urbanas em todo Brasil por redes de esgoto era de apenas 56%. O esgoto coletado, por sua vez, somente 69% recebia tratamento adequado antes de sua disposição final no meio ambiente. Ainda de acordo com o SNIS (2014), o mais preocupante, é que de todo esgoto coletado no Brasil somente 36% recebe tratamento.

O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), realizado, em 2013, pelo Ministério das Cidades junto à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), estabelece como principal meta o melhoramento dos índices no setor. O plano estabelece que até o ano de 2033 87% dos esgotos gerados sejam dispostos em locais adequados e fixa uma meta de tratar 93% dos esgotos coletado no Brasil, visando reverter a degradação ambiental dos cursos d'água.

A situação do estado de Goiás, em relação ao esgotamento sanitário é preocupante. De acordo com IBGE (2010), apenas 36% dos domicílios são atendidos por algum serviço. Na capital do estado, Goiânia, esses índices apresentam uma melhora, chegando a 69,81% dos domicílios atendidos, porém, está muito longe da universalização do serviço, conforme dados do IBGE. Ademais, em Goiás, devido ao desencontro entre os textos da lei federal 6.766/1979 e da lei estadual 18.189/2013, a situação pode se agravar ainda mais, visto que a legislação estadual possibilita a transferência da responsabilidade pela execução do sistema de esgotamento sanitário para o adquirente de determinado terreno, isentando, desse serviço de relevante interesse público, os entes estatais e os loteadores.

Essa situação é preocupante porque a obrigação pelo esgotamento está ficando a cargo de particulares que, por serem a parte mais frágil da relação jurídica estabelecida na venda e aquisição do terreno, não têm condições técnicas e operacionais de execução do serviço de esgotamento (MP-GO, 2014). Além disso, a instalação de um loteamento sem serviço adequado de esgotamento sanitário passa a ser um passivo ambiental e financeiro para toda a coletividade, requerendo do poder público, especificamente das companhias de saneamento, a realização de investimentos para ofertar estes serviços a esta nova área urbana.

Segundo Cordeiro (2010), no Brasil, 60% dos municípios não contam com sistemas adequados de esgotamento. Nesses casos, usualmente, são utilizados sistemas alternativos de disposição dos efluentes domésticos que, ainda de acordo com esse autor, em 90% corresponde à fossa séptica ou fossa seca (fossa negra). Esses dados revelam a abrangência que os sistemas inadequados têm no contexto do sistema de saneamento brasileiro. Aspectos econômicos, técnicos, políticos e, por óbvio, a ausência de um sistema

adequado de esgotamento sanitário têm forçado a população a utilizar sistemas inadequados em grande parte das residências brasileiras.

A recorrência a esse tipo de solução, quando não observados rigorosos critérios técnicos, como já dissemos anteriormente, pode acarretar impactos negativos à saúde humana e ao meio ambiente. Segundo Moreira (2002), cerca de 80% das doenças e 65% das internações hospitalares estão relacionadas à falta de saneamento básico. É bastante expressivo o número de doenças causadas pela ineficiência e, muitas vezes, inexistência de sistemas de saneamento, entre elas: ancilostomíase, ascaridíase, amebíase, cólera, diarreia infecciosa, disenteria bacilar, esquistossomose, estrogiloidíase, febre tifoide, febre paratifoide, salmonelose, teníase, cisticercose (FUNASA, 2007).

O esgoto sanitário é a principal fonte de contaminação dos corpos d'água e do solo, pois as excretas contidas nos esgotos são grandes transmissores de bactérias, vírus, protozoário (VON SPELING, 1996). Nuvolari (2003) fala que o lançamento dos esgotos nos meios aquáticos sem o devido tratamento, além do potencial de transmitir doenças aos seres humanos, traz sérias consequências para vida aquática. O esgoto quando lançado no corpo hídrico provoca o consumo de oxigênio dissolvido na água, em razão da elevada concentração de matéria orgânica presente. A ausência de oxigênio dissolvido na água restringe a vida de seres aquáticos aeróbios, principalmente os peixes.

A forma mais utilizada para se medir a quantidade de matéria orgânica presente nos esgotos é de maneira indireta por meio da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Nuvolari (2003) define a DBO como a quantidade necessária de oxigênio dissolvido na água para consumo dos microrganismos durante a estabilização da matéria orgânica em decomposição.

No estado de Goiás, o Decreto Estadual 1.745 de 06 de dezembro de 1979 estabelece que o lançamento de esgoto na natureza, seja em água superficial ou subterrânea, deve obedecer a diversas condições, dentre elas: a concentração de DBO, que deve ser no máximo de 60 mg/L. Todavia, este limite poderá ser ultrapassado desde que o tratamento tenha eficiência mínima de 80% na remoção da carga orgânica presente no esgoto bruto. Assim, é necessário que o esgoto doméstico gerado nas residências de um novo loteamento seja devidamente tratado antes de ser lançado no meio ambiente.

Para um novo parcelamento do solo urbano o loteador deve solicitar junto à concessionária de saneamento local um Atestado de Viabilidade Técnica Operacional (AVTO). Nesse atestado a concessionária analisa a possibilidade de integração do sistema de esgotamento do loteamento a um sistema coletivo já existente. Assim, caso o AVTO seja positivo, ou seja, exista a possibilidade de interligação do loteamento a um sistema coletivo de transporte e tratamento já instalado, a concessionária informa as diretrizes para que o loteador elabore o projeto da rede de coleta e sua eventual ligação ao sistema coletivo existente. Nos casos em que o AVTO for negativo por não haver possibilidade de ligação com um sistema existente ou não existir sistema coletivo, a concessionária indica ao interessado alternativas para que o empreendimento seja viabilizado.

As alternativas normalmente indicadas no município de Goiânia são: sistema independente, formado por uma rede de coleta e transporte com estação de tratamento de esgoto compacta (ETE compacta); e sistema individual de tratamento de esgoto com tanque séptico e sumidouro de acordo com NBR 7229:1993. Desta maneira o loteador deverá optar por alguma destas soluções e elaborar os projetos para execução de um destes sistema.

Após a elaboração dos projetos pelo loteador, os mesmos são submetidos à análise da concessionária e do órgão de licenciamento ambiental para verificação de atendimento dos parâmetros de projeto e os padrões legais de lançamento. Somente após a aprovação do projeto pela concessionária, bem como a aprovação do loteamento e da solução de esgotamento pelo órgão de licenciamento ambiental, é que o loteador estará apto a dar início às obras civis para sua implantação. Vale ressaltar que as obras deverão ser acompanhadas e vistoriadas pela concessionária para aprovação final.

### **Solução Individual**

A solução individual ou sistema individual é adotado para atendimento unifamiliar, e consistem no tratamento de esgoto no próprio lote, usualmente em tanque séptico seguido de dispositivo de disposição final no solo

(sumidouro ou vala de infiltração). Em Goiás é bastante comum encontrar uma variação deste sistema que consiste somente no sumidouro (fossa seca ou negra) o que é totalmente inadequado do ponto de vista ambiental, sendo que o correto é no mínimo a existente de uma unidade de tratamento, tanque séptico e um sumidouro para disposição final no solo.

O tanque séptico acompanhado de sumidouro pode funcionar de maneira satisfatória se as habitações forem esparsas (grandes lotes com elevada porcentagem de área livre e/ou em meio rural), se o solo apresentar boas condições de infiltração e, ainda, se o nível de água subterrânea se encontrar a uma profundidade adequada, de forma a evitar o risco de contaminação das águas subterrâneas, conforme dispõe a NBR 7229:1993.

No entanto, a fossa séptica acompanhada do sumidouro não alcança a eficiência desejada na remoção de cargas orgânicas, ou seja, suficiente para atender os padrões de lançamento de efluente quando em áreas densamente ocupadas, como, por exemplo, a dos loteamentos urbanos. Jordão e Pessoa (2011) consideram que os tanques sépticos devem ser utilizados como solução de esgotamento sanitário apenas na ausência total ou parcial de sistemas público. Isso porque, além de baixa, a eficiência está intimamente ligada a limpezas periódicas, o que requer recursos humanos e materiais dos seus usuários que, na maioria das vezes, são negligentes. Essa negligência se dá tanto pela falta de conhecimento, quanto pela falta de recursos para realização de manutenção periódica. Não obstante, há certa “harmonia” entre a negligência do usuário e a falta de fiscalização do poder público.

Um dos grandes problemas do tanque séptico, apontado por Jordão e Pessoa (2011), é a baixa eficiência na remoção de carga orgânica. Segundo esse autor, a remoção de DBO costuma ser de apenas 30%, decaindo com a falta de limpeza regular. Já Azevedo Netto e Lothar Hess apud Nuvolari (2003), após análises dos efluentes de tanques sépticos bem projetados e bem construídos e com manutenção regular, verificaram que apresentaram eficiência na remoção de DBO de 40 a 60%. No entanto, em muitos loteamentos não há nenhum acompanhamento técnico da execução e operação destas unidades, o que compromete seu funcionamento.

Uma solução apontada por Jordão e Pessoa (2011), para aumentar a eficiência dos tanques sépticos, seria a utilização de um sistema de pós-tratamento composto por um filtro biológico anaeróbio. Ainda conforme esses autores, a eficiência na remoção de DBO do tanque com o filtro chega de 70 a 85%. Nuvolari (2003) compartilha dessa opinião, afirmando que o esgoto sanitário oriundo de tanque séptico poderá passar antes por valas de filtração ou filtro anaeróbio de fluxo ascendente (FAFA) antes de sua disposição final em rios ou córregos.

De acordo com os autores citados, a NBR:13969 (ABNT, 1997), que trata de unidades de tratamento complementar para tanques sépticos, foi elaborada para oferecer aos usuários do sistema local de tratamento de esgotos, que têm tanque séptico como unidade preliminar, alternativas técnicas consideradas viáveis para proceder o tratamento complementar e disposição final do efluente destas unidades.

Em decorrência das necessidades de saneamento básico efetivo das áreas não abrangidas por sistema de rede coletora e tratamento de esgotos de porte, da proteção do meio ambiente e do manancial hídrico, tornou-se imperativo oferecer opções coerentes com aquelas necessidades. Assim, a ABNT, por meio da NBR 13969 de 1997, demonstra que o tanque séptico seguido somente por sumidouro não é solução para o tratamento de esgoto. Portanto, os sistemas de tanques sépticos devem ser projetados de forma completa, incluindo disposição final para efluente e lodo, bem como, sempre que necessário, tratamento de acordo com NBR:13969 (ABNT, 1997).

### **Solução Independente**

Os sistemas independentes são constituídos pelas redes coletores que recebem os esgotos gerados nas residências e lançam os em uma unidade de tratamento. A unidade de tratamento pode consistir em Estações de Tratamento de Esgoto Compactas (ETE compacta), as quais podem ter como unidades de tratamento processos semelhantes aos utilizados em tanques sépticos.

Existem vários modelos de estações de tratamento de esgoto compacta, segundo Chernicharo (1997), os reatores anaeróbios de fluxo ascendente, também conhecidos por reatores UASB ou RAFA, possuem um gama de vantagens em relação a outros sistemas aeróbios, entre elas: baixa demanda por área, baixo custo de

implantação e operação, baixo consumo de energia, baixa produção de lodo, eficiência na remoção de DBO. Assim, grande parte das ETEs compactas utilizam este tipo de reatores.

### Avaliação multicritério

Diante das várias opções de soluções e sistemas de esgotamento sanitário, a tomada de decisão na escolha de qual sistema é a melhor opção a ser implantada é considerada uma tarefa complexa devido à necessidade de se avaliar vários critérios, sendo os principais de natureza técnica, ambientais, econômicos e sociais (ZANIN, 2011). Cornelli (2014), fala que foram criadas várias ferramentas capazes de classificar os vários critérios em uma análise multiobjectivo e auxiliar na tomada de decisão, entre elas podem-se destacar os métodos AHP, MAUT, PROMETHEE, ELECTRE entre outros.

O método Analytic Hierarchy Process (AHP) foi desenvolvido por Tomas L. Saaty no início da década de 70. Ele consiste na estruturação de maneira hierárquica de um problema decisório onde, no topo da hierarquia, está o problema. Nos níveis mais abaixo, estão os critérios e subcritérios (se necessário) a serem considerados e, no último nível, estarão as alternativas de escolha consideradas na análise (CEOLIN, 2005).

Segundo Abreu et al. (2000), a modelagem do método AHP ocorre em dois momentos: no primeiro, é feita uma análise paritária entre todos os critérios de forma a estabelecer prioridades; no segundo, a análise paritária é feita entre as alternativas levando em conta cada critério individualmente. Na análise paritária, é aplicada uma escala numérica, indicando o quanto aquele critério ou alternativa é mais importante que a outra, formado matrizes identidade. No Quadro 1, está relacionado as escalas utilizadas no método AHP.

**Quadro 1 – Escala numérica de Saaty.**

Escala numérica	Escala verbal
1	Mesma importância
3	Importância moderada de um sobre o outro
5	Importância essencial ou forte
7	Importância muito forte
9	Importância extrema
2,4,6,8	Valores intermediários

Fonte: Abreu *et al.* (2000)

Ceolim (2005) considera que, entre outras vantagens do método AHP, a sua aplicação permite organizar problemas complexos de maneira hierárquica envolvendo vários critérios, vários decisores, sendo um processo flexível que utiliza a lógica e, ao mesmo tempo, a intuição.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa realizou o estudo e a avaliação multicritério das soluções de esgotamento sanitário para um loteamento localizado na cidade de Goiânia. A análise considerou fatores: tecnológicos, econômicos e ambientais. Para tanto, a pesquisa foi dividida em três etapas principais.

### ETAPA 1 – Estudo das Soluções de Esgotamento Sanitário

Nesta etapa, verificaram-se as possibilidades apontadas pela concessionária de saneamento local para a solução de esgotamento sanitário através de análise de um AVTO. Visto que o AVTO apontava que não havia viabilidade para interligação com uma ETE já existente, foram avaliadas as seguintes soluções: (i) Solução Independente: no caso de não haver possibilidade de interligação para que o empreendimento fosse viabilizado, a solução seria a construção de rede de coleta e instalação de uma ETE compacta para atender somente a população do empreendimento; (ii) Solução individual: consiste na a construção de tanques sépticos com sumidouros para cada uma das residências. Foram consideradas duas soluções individual: (A) solução composta por tanque séptico seguida de sumidouro, (B) solução composta por tanque séptico, filtro biológico e sumidouro.



## ETAPA 2 – Definição de critérios de avaliação

Visando estabelecer critérios para uma análise multicritério, foi realizada uma revisão de literatura a respeito das soluções de esgotamento possíveis, quando não há possibilidade de integração com um sistema existente. Desse modo, adotamos seguintes critérios para nossa análise:

- I. Custo de implantação;
- II. Custo de operação;
- III. Eficiência de tratamento, considerando os padrões estabelecidos na legislação no que se refere à remoção de DBO;
- IV. Área ocupada para instalação dos sistemas;
- V. Eficiência na remoção de patógenos;
- VI. Aspectos sociais.

Para o levantamento do custo de implantação e operação da solução independente, foi elaborado o orçamento da rede de coleta e transporte de esgoto, conforme apresentado no **Apêndice A**. O orçamento foi elaborado a partir de um projeto de um loteamento cedido por uma Incorporadora de Imóvel que atua na região. O loteamento está localizado na cidade de Goiânia, projetado com um total de 488 lotes com uma população prevista de 1952 habitantes.

Para o orçamento da rede de coleta e transporte, foram utilizadas as composições de custo unitário do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), disponibilizado pela Caixa Econômica Federal e recomendada pela concessionária local.

Para determinar o custo de implantação, operação e área necessária para ETE compacta, foi solicitado orçamento juntamente com detalhes da implantação de empresas especializadas neste serviço, com base no qual foi adotado uma média dos valores apresentados. Desta forma, o custo total de implantação da Solução Individual corresponde ao resultado da soma dos valores obtidos no orçamento da rede de coleta e transporte com o custo de implantação da ETE compacta.

Para precisar o custo de implantação da Solução Individual, foi realizado orçamento, conforme **Apêndice B**, com base nas composições de custo unitário da tabela SINAPI. Para precisar a área ocupada pelo sistema, foi multiplicado a área em planta, ocupada pela solução individual, pelo número de lotes.

Destaca-se que neste trabalho considerou o tanque séptico seguida de sumidouro (Solução Individual A) como solução adequada, somente pela indicação da companhia de saneamento. Além dessa solução, foi acrescentado como Solução Individual o sistema composto por tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro (Solução Individual B). Para esta solução também foi realizado orçamento, conforme **Apêndice C**, com base nas composições de custo unitário da tabela SINAPI.

Para a eficiência na remoção da DBO e remoção de patógenos, os autores Jordão e Pessoa (2011), Azevedo Netto e Lothar Hess apud Nuvolari (2003) e Von Speling (1996), após experiências realizadas, encontraram valores diferentes, assim, para o presente estudo, foi adotado um valor médio desses valores.

Por fim, em relação aos Aspectos Sociais de cada uma das soluções, considerou-se que a Solução Independente é ótima, vez que afasta os esgotos domésticos para locais distantes das residências, onde receberá o devido tratamento, eliminando problemas com proliferação de insetos e geração de odores. A Solução Individual B, foi considerada regular referente aos Aspectos Sociais, pois, embora promova o tratamento adequado dos esgotos, gera incômodo, por ser instalada no próprio lote, o que pode atrair insetos e em algumas ocasiões gerar odores. Já a Solução Individual A foi considerada ruim, uma vez que, além de promover todos os incômodos gerados pela Solução B, não promove o tratamento de esgoto adequado, haja vista que a eficiência do sistema está abaixo do valor previsto na legislação, o que pode provocar a poluição e contaminação do solo.

## ETAPA 3 – Análise multicritério

Com os critérios definidos, a terceira etapa consistiu na elaboração da estrutura hierárquica para a análise multicritério de tomada de decisão e posterior aplicação do método AHP. Para tanto, foi utilizado o software

Expert Choice que realiza o método hierárquico AHP. Esse método foi escolhido porque é bastante utilizado para avaliações multicritério, além de ser bastante simples e intuitivo.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores característicos obtidos na pesquisa referente aos critérios adotados em relação a cada alternativa estudada estão relacionadas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Valores característicos dos critérios em relação as alternativas estudadas.**

	Solução Independente	Solução Individual A	Solução Individual B
Custo de implantação(R\$)	778.984,96	1.087.422,60	1.428.715,16
Custo de Operação anual (R\$)	20.144, 98	120,00	190,00
Eficiência remoção de DBO	87%	45%	80%
Área ocupada	195 m <sup>2</sup>	1728 m <sup>2</sup>	2591 m <sup>2</sup>
Eficiência remoção de patógenos	90%	60%	90%
Aspectos sociais	Ótimo	Ruim	Regular

A Tabela 1 mostra que a solução independente leva vantagem na maioria dos critérios, ficando atrás das demais apenas no critério custo de operação. Já no critério eficiência na remoção de patógenos, a solução independente tem a mesma eficiência da solução individual B e ambas são superiores a solução individual A.

Na Tabela 2, é apresentada a matriz formada da aplicação das escalas de importância do método AHP, contidas no Quadro 1, a partir da análise paritária entre os critérios. As letras: A, B, C, D, E e F representam, respectivamente, os critérios: custo de implantação, custo de operação, eficiência na remoção de DBO, área ocupada, eficiência na remoção de patógenos e aspectos sociais.

**Tabela 2 – Matriz da análise paritária entre os critérios.**

Critérios	A	B	C	D	E	F
A	1	5	1/3	5	1/3	5
B	1/5	1	1/5	1/3	1/5	1/5
C	3	5	1	5	3	5
D	1/5	3	1/5	1	1/5	1
E	3	5	1/3	5	1	5
F	1/5	5	1/5	1	1/5	1

O resultado da análise paritária apresentada na Tabela 2 mostra que o critério eficiência na remoção de DBO (C) recebeu as melhores escalas de importância seguida pelo custo de implantação (A). Resultado este já esperado, visto que a eficiência na remoção de DBO é um parâmetro genérico usado para estimar a eficiência de todo processo de tratamento (objetivo principal do sistema) e seu valor mínimo é fixado por lei. Já o custo de implantação é um fator importante para o empreendedor decidir se é viável investir no empreendimento.

Nas Tabelas 3 a 8, estão as matrizes formadas da aplicação das escalas de importância do método AHP, contidas no Quadro 1, resultado da análise paritária entre as três alternativas estudadas em relação a cada critério. Para a aplicação das escalas, levou-se em consideração os resultados contidos na Tabela 1, onde, para cada análise paritária, a solução que apresentar um melhor resultado recebe uma escala proporcional a diferença entre os resultados.

A Tabela 3 mostra que a solução independente tem uma importância forte quando comparada com a solução individual A (custos de implantação) e muito forte quando comparado com a B (custo de operação), uma vez que a solução independente possui o menor custo de implantação seguida pela solução individual A e depois a B.

**Tabela 3 – Matriz da análise entre as soluções estudadas em relação ao critério custo de implantação.**

	Solução Independente	Solução Individual A	Solução Individual B
Solução Independente	1	5	7
Solução Individual A	1/5	1	5
Solução Individual B	1/7	1/5	1

A Tabela 4 mostra que a solução individual A tem uma importância muito forte quando comparada com a solução independente que tem um custo muito elevado. Já quando comparada com a solução individual B, a preferência é moderada, pois a diferença entre seus os custos não é grande.

**Tabela 4 – Matriz da análise entre as soluções estudadas em relação ao critério custo de operação.**

	Solução Independente	Solução Individual A	Solução Individual B
Solução Independente	1	1/7	1/5
Solução Individual A	7	1	3
T Solução Individual B	5	1/3	1

A Tabela 5 mostra que a solução independente é moderadamente mais importante que a solução individual B devido à pequena diferença entre suas eficiências. Já quando comparado com a solução A, tanto a solução B como a solução independente, possuem uma importância extrema, pois, além de eficiências muito maiores, a solução individual A está muito abaixo do que prevê a legislação ambiental.

**Tabela 5 – Matriz da análise entre as soluções estudadas em relação ao critério eficiência na remoção de DBO.**

	Solução Independente	Solução Individual A	Solução Individual B
Solução Independente	1	9	3
Solução Individual A	1/9	1	1/9
T Solução Individual B	1/3	9	1

A Tabela 6 mostra que a solução independente tem forte importância quando comparada com a solução A e muito forte importância quando comparado com a solução individual B, devido ao fato de ocupar uma área bem menor que as demais soluções.

**Tabela 6 – Matriz da análise paritária entre as soluções estudadas em relação ao critério área ocupada.**

	Solução Independente	Solução Individual A	Solução Individual B
Solução Independente	1	5	7
Solução Individual A	1/5	1	5
Solução Individual B	1/7	1/5	1

A Tabela 7 mostra que solução independente e a solução individual B tem a mesma importância devido terem a mesma eficiência na remoção de patógenos. Ambas possuem forte importância quando comparadas com a solução individual A que possui uma menor eficiência.

**Tabela 7 – Matriz da análise entre as soluções estudadas em relação ao critério eficiência na remoção de patógenos.**

	Solução Independente	Solução Individual A	Solução Individual B
Solução Independente	1	5	1
Solução Individual A	1/5	1	1/5
T Solução Individual B	1	5	1

A Tabela 8 mostra que a solução independente tem forte importância sobre a solução individual B e muito forte sobre a solução A.



**Tabela 8 – Matriz da análise entre as soluções estudadas em relação ao critério aspectos sociais.**

	Solução Independente	Solução Individual A	Solução Individual B
Solução Independente	1	7	5
Solução Individual A	1/7	1	1/3
T Solução Individual B	1/5	3	1

Aplicando o método AHP com uso do software, o Quadro 2 apresenta os resultados para o melhor sistema de esgotamento sanitário para um loteamento de acordo com os detalhes e características apresentadas nesta pesquisa. Conforme se observa o Quadro 2 mostra que a melhor solução de sistema de esgotamento sanitário para novos loteamentos onde não há possibilidade de integração com um sistema coletivo é a solução independente, formada por rede de coleta e transporte de esgoto e uma ETE compacta. Em segundo lugar, ficou a solução individual B, seguida da solução individual A.

**Quadro 2 – Resultado do método AHP.**

Classificação	Sistema de esgotamento
1º	Solução independente
2º	Solução individual B
3º	Solução individual A

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos na análise multicritério com o a utilização do método AHP, conclui-se que a solução mais adequada para o loteamento estudado de acordo com os critérios adotados é a solução independente composta por uma rede de coleta e transporte de esgoto e uma estação de tratamento compacta. É importante ressaltar que embora a companhia de saneamento local aponte como solução individual para viabilização de novos loteamentos, apenas tanque séptico seguido de sumidouro, de acordo com todos os autores pesquisados, está equivocada, vez que essa unidade não possui eficiência adequada e não atende a legislação ambiental, no que concerne aos padrões de lançamento de esgoto. Assim, recomenda-se que a adoção do tanque séptico como solução seja acompanhada de uma unidade de pós-tratamento formada por um filtro anaeróbio..

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. **NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.
2. ABNT. **NBR 13969: Tanque Sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
3. ABREU, L. M.; GRANEMANN, S. R.; GARTNER, I.; BERNARDES, R. S. Escolha de um programa de controle da qualidade da água para consumo humano: construção do método AHP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, 2000.
4. BRASIL. Lei Federal 11.445 – Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília: Presidência da República, 2007.
5. BRASIL. Lei Federal 6.766 – Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília: Presidência da República, 1979.
6. BRASIL. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB**. Brasília: Ministério das Cidades/ SNSA, 2011.
7. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Disponível em: < [http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2014-go/SINAPI\\_Precos\\_Ref\\_Insumos\\_GO\\_082015\\_Desonerado.pdf](http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2014-go/SINAPI_Precos_Ref_Insumos_GO_082015_Desonerado.pdf)>. Acesso em: 23 set. 2015.
8. CEOLIM, A.J. Aplicação de Metodologias Multicritério na Avaliação dos Cursos da UNESPAR/FECILCAM. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2005.
9. CHERNICHARO, C. A. de L. **Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte: DESA UFMG, 1997.

10. CORDEIRO, B. S. A gestão de lodos de fossas sépticas: uma abordagem por meio da análise multiobjectivo e multicritério. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Brasília, Brasília.
11. CORNELLI, R. Análise e seleção de alternativas sustentáveis de esgotamento sanitário. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, RG, 2014.
12. FUNASA. **Manual de Saneamento**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.
13. GOIÁS. Decreto estadual 1.745/1979. Dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente Goiás: 1979.
14. GOIÁS. Lei estadual 18.189/2013. Goiás: 2013.
15. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Síntese dos Indicadores de 2009. Rio de Janeiro: IBGE; 2010.
16. JORDÃO, E. P. e PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro: ABES, 6. ed. 2011.
17. Ministério Público do Estado de Goiás (MP-GO). Nota Técnica nº 001/2014. Goiânia: MP-GO, 2014. Disponível em: <[http://www.mpggo.mp.br/portal/arquivos/2014/03/28/16\\_13\\_09\\_676\\_nota\\_tecnica\\_loteamento\\_sem\\_saneamento.pdf](http://www.mpggo.mp.br/portal/arquivos/2014/03/28/16_13_09_676_nota_tecnica_loteamento_sem_saneamento.pdf)>. Acesso em: 5 mar. 2015.
18. MPO/Sepurb/IPEA. Saneamento: modernização e parceria com o setor privado. Série Modernização do Setor Saneamento, Brasília, nº. 16. s/d. Disponível em: <<http://www.pmss.gov.br/index.php/biblioteca-virtual/serie-modernizacao-do-setor-saneamento>>. Acesso em: 10 jun. 2015.
19. MOREIRA, T. Saneamento básico: desafios e oportunidades. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, 2002.
20. NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. Edgard Blucher: São Paulo, 2003.
21. SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos**: ano referência: 2013. Brasília: SNIS, 2014.
22. VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2º ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996.
23. VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: UFMG, 1996.
24. ZANIN, R. A. Seleção de processos de tratamento de esgoto sanitário utilizando análise multicritério. Joinville: univille, 2011.

**APÊNDICE A**

**ORÇAMENTO REDE COLETIVA DE ESGOTO**

**PLANILHA ORÇAMENTO SINTÉTICO**

**BASE SINAPI 08/2015**

<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>QTDE.</b>	<b>UNID.</b>	<b>VALOR UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
Montagem alojamento e canteiro	1,00	Verba	R\$ 50.000,00	R\$ 50.000,00
Locação eixos com aparelho topográfico inclusive elaboração de nota de serviços	7.466,00	m	R\$ 1,20	R\$ 8.959,20
Escavação mecanizada com escavadeira hidráulica de valas com material de 1º categoria prof. De 2,00 a 4,00 m	11.199,00	m³	R\$ 4,72	R\$ 52.859,28
Escavação manual em solo de 1ª categoria em cava até 3,00 m	308,12	m³	R\$ 35,19	R\$ 10.842,74
Reaterro mecanizado compactado com passadas do equipamento de transporte	11.353,06	m³	R\$ 2,34	R\$ 26.566,16
Escoramento de valas pontaleamento	663,00	m²	R\$ 6,34	R\$ 4.203,42
Montagem de TIL condominial DN 100	98,00	un	R\$ 10,48	R\$ 1.027,04
Montagem de TIL radial DN 150	46,00	un	R\$ 44,93	R\$ 2.066,78
Montagem tubo/conexão PVC JE incluindo teste hidrostático DN 100	5.370,00	m	R\$ 3,85	R\$ 20.674,50
Montagem tubo/conexão PVC JE incluindo teste hidrostático DN 150	2.096,00	m	R\$ 4,11	R\$ 8.614,56
Tubo de esgoto coletor JE DN 100	5.370,00	m	R\$ 10,82	R\$ 58.103,40
Tubo de esgoto coletor JE DN 150	2.096,00	m	R\$ 25,75	R\$ 53.972,00
TIL condominial DN 100	98,00	un	R\$ 47,43	R\$ 4.648,14
TIL radial DN 150	46,00	un	R\$ 303,40	R\$ 13.956,40
Laje para tampão DN 100	98,00	un	R\$ 26,96	R\$ 2.642,08
Laje para tampão DN 150	46,00	un	R\$ 72,81	R\$ 3.349,26
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 322.484,96</b>

**APÊNDICE B**

**ORÇAMENTO - TANQUE SÉPTICO COM SUMIDOURO  
BAIRRO PORTAL DO ORIENTE I  
PLANILHA ORÇAMENTO SINTÉTICO  
BASE SINAPI 08/2015**

DESCRIÇÃO	QTDE.	UNID.	VALOR UNIT.	TOTAL
FOSSA SÉPTICA PRÉ-MOLDADA, Ø 1,20 M, ALTURA 2,50 M, PARA ATÉ 5 CONTRIBUINTES	488,00	un	R\$ 632,40	R\$ 308.611,20
SUMIDOURO EM ANÉIS DE CONCRETO, POÇO Ø 2,50 M	732,00	m	R\$ 1.063,95	R\$ 778.811,40
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 1.087.422,60</b>

**ORÇAMENTO - TANQUE SÉPTICO COM FILTRO E SUMIDOURO  
BAIRRO PORTAL DO ORIENTE I  
PLANILHA ORÇAMENTO SINTÉTICO  
BASE SINAPI 08/2015**

DESCRIÇÃO	QTDE.	UNID.	VALOR UNIT.	TOTAL
FOSSA SÉPTICA PRÉ-MOLDADA, Ø 1,20 M, ALTURA 2,50 M, PARA ATÉ 5 CONTRIBUINTES	488,00	un	R\$ 632,40	R\$ 308.611,20
FILTRO ANAERÓBICO DE CONCRETO, Ø 1,20 M, ALTURA 2,00 M	488,00	un	R\$ 699,37	R\$ 341.292,56
SUMIDOURO EM ANÉIS DE CONCRETO, POÇO Ø 2,50 M	732,00	m	R\$ 1.063,95	R\$ 778.811,40
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 1.428.715,16</b>

**APÊNDICE C**

**ORÇAMENTO ANALÍTICO TANQUE SÉPTICO**

**BASE SINAPI 08/2015**

<b>FOSSA SÉPTICA PRÉ-MOLDADA, Ø 1,20 M, ALTURA 2,50 M, PARA ATÉ 5 CONTRIBUINTES - UNIDADE</b>				
	UN	Coef.	Preço unitário	Preço total
PEDREIRO	H	3,500	11,75	41,13
SERVENTE	H	13,000	6,98	90,74
FOSSA SÉPTICA DE CONCRETO ARMADO PARA ATÉ 5 CONTRIBUINTES	UN	1,000	467,32	467,32
CIMENTO PORTLAND CP II-E-32	KG	40,000	0,42	16,80
AREIA LAVADA TIPO MÉDIA	M3	0,120	58,69	7,04
PEDRA BRITADA TIPO 2	M3	0,200	46,86	9,38
<b>PREÇO TOTAL:</b>				<b>632,40</b>

**ORÇAMENTO ANALÍTICO SUMIDOURO**

**BASE SINAPI 08/2015**

<b>SUMIDOURO EM ANÉIS DE CONCRETO, POÇO Ø 2,50 M - POR METRO</b>				
	UN	Coef.	Preço unitário	Preço total
PEDREIRO	H	2,320	11,75	27,26
POCEIRO	H	2,500	27,93	69,83
SERVENTE	H	9,839	6,98	68,68
ANEL DE CONCRETO PARA POÇO	UN	2,000	449,09	898,18
<b>PREÇO TOTAL:</b>				<b>1063,95</b>

**ORÇAMENTO ANALÍTICO FILTRO ANAERÓBICO**

**BASE SINAPI 08/2015**

<b>FILTRO ANAERÓBICO DE CONCRETO, Ø 1,20 M, ALTURA 2,00 M - UNIDADE</b>				
	UN	Coef.	Preço unitário	Preço total
PEDREIRO	H	4,500	11,75	52,88
SERVENTE	H	20,000	6,98	139,60
FILTRO ANAERÓBICO DE CONCRETO	UN	1,000	483,5	483,50
CIMENTO PORTLAND CP II-E-32	KG	25,000	0,42	10,50
AREIA LAVADA TIPO MÉDIA	M3	0,100	58,69	5,87
PEDRA BRITADA TIPO 2	M3	0,150	46,86	7,03
<b>PREÇO TOTAL:</b>				<b>699,37</b>