

Avaliação das soluções sustentáveis para o suprimento de água e tratamento de esgoto em pequenas municipalidades a partir de gradientes da densidade urbana.

Evaluation of sustainable solutions for water supply and sewage treatment in small municipalities using gradients of urban density.

Alline Gomes Lamenha e Silva, MSc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul

allinelamenha@gmail.com

Márcia de Moraes Stein, MSc., Especialista, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

marciamstein@gmail.com

Daniela Tatsch Baptista, Arquiteta e Urbanista, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

danibaptsch@gmail.com

Miguel Aloysio Sattler, Ph.D., Universidade Federal do Rio Grande do Sul

masattler@gmail.com

Resumo

Com o crescimento urbano, torna-se necessário definir as formas de atendimento à necessidade humana por água, em qualidade e quantidade adequadas. O presente artigo busca identificar como os gradientes de densidades populacionais podem contribuir na definição de soluções sustentáveis para o suprimento de água e tratamento de esgoto em pequenas municipalidades. Partiu-se da definição das áreas estratégicas, em termos de sustentabilidade, buscando-se determinar, com base em dados gratuitos e publicamente disponíveis, a densidade urbana do município de Feliz/RS, bem como a distribuição do abastecimento de água e destinação dos efluentes domésticos. A partir desse diagnóstico, que considera as particularidades do município, foram propostas soluções alternativas e descentralizadas para as áreas avaliadas. Os resultados mostram que a avaliação integrada e espacial pode conduzir a soluções mais sustentáveis, que envolvam e empoderem a comunidade local quanto ao uso e cuidado com a água e como potencial de suporte à tomada de decisão.

Palavras-chave: Densidades Populacionais; Abastecimento de Água; Efluentes Domésticos; Sustentabilidade Urbana.

Abstract

As cities grow, it becomes necessary to define ways of meeting the human need for water in adequate quality and quantity. In this article, it was identified how population densities gradients can contribute to the definition of sustainable solutions for water supply and sewage treatment in small municipalities. Strategic areas were defined in terms of sustainability, seeking to determine, based on free and public data, the urban density of the municipality of Feliz/RS and the distribution of water supply and solutions for domestic effluents. Based on this diagnosis, which considers the particularities of the municipality, alternative and decentralized solutions were proposed for the assessed areas. The results show that the integrated and spatial assessment can lead to more sustainable solutions, which involve and empower the local community regarding the use and care of water and with the potential to support decision making.

Keywords: *Population Densities; Water supply; Domestic Effluents; Urban Sustainability.*

1. Introdução

No debate sobre as necessidades urbanas, a água é um fator central: seja no âmbito do abastecimento de água potável ou da destinação dos efluentes domésticos, as decisões tomadas precisam refletir as particularidades de cada região, de maneira a atender as demandas, sem promover um desequilíbrio que coloque em risco a qualidade do ambiente.

A proposição de soluções eficientes, entretanto, extrapola as técnicas tradicionalmente adotadas, e deve considerar como as comunidades podem trabalhar de forma harmônica com a natureza, criando uma infraestrutura que trabalhe sinergicamente com os processos e sistemas naturais. Entretanto, conforme explicita Bettencourt (2015), é preciso destacar a diferença entre a implementação de uma solução padrão e a concepção de um plano que seja ao mesmo tempo mais útil para o serviço à comunidade e realizável em termos de aquisição.

Ao considerar a cidade um ecossistema vivo, é possível adotar estratégias que consideram os recursos hídricos de forma holística: a ação antrópica pode representar, em vez que uma condutora de impactos negativos, uma catalisadora de processos positivos ao meio ambiente. O entendimento holístico das cidades vem fundamentando diversos estudos, que propõem diferentes metodologias para a gestão da água nas cidades sob uma ótica mais sustentável e, conseqüentemente, mais eficiente (ARDEN; MA; BROWN, 2019; KIRSHEN et al., 2018; SERRAO-NEUMANN et al., 2019).

Nesse contexto, conhecer com mais profundidade as necessidades de cada cidade é fundamental na determinação de seus pontos de vulnerabilidade e proposição de estratégias mais sustentáveis, garantindo que os recursos naturais possam estar disponíveis às gerações futuras e que a forma de vida urbana possa ser compatível com os sistemas naturais.

Entre os diversos aspectos urbanos, é importante destacar que o lugar e a forma com que as cidades crescem e se estabelecem revelam-se cruciais no processo de proteção das bacias hidrográficas – as densidades urbanas podem ser tomadas, dessa forma, como estratégias para o estabelecimento de soluções mais eficientes e sustentáveis (FARR, 2013).

As densidades podem, dessa forma, trabalhar como condutoras de práticas urbanas direcionadas à sustentabilidade, uma vez que determina diretamente questões como: o uso e ocupação do solo; acessibilidade aos serviços e a produção de alimentos. O acesso à água limpa e a destinação adequada dos efluentes domésticos, destacam-se como necessidades humanas, cujo atendimento revela-se um desafio urbano, diante de padrões de vida que repercutem além dos limites da cidade (NEWMAN E JENNINGS, 2008).

Farr (2013) considera a densidade como a “bala de prata” da sustentabilidade, já que permite reduções quanto ao uso de recursos per capita, fornecendo benefícios, locais, regionais e globais. Destaca ainda, indicativos de que a premissa da baixa densidade, como fator de proteção aos recursos hídricos, pode estar equivocada, uma vez que densidades mais altas consomem menos solo per capita, ao acomodar o mesmo número de pessoas, criando, assim, menos coberturas impermeáveis.

Alexander *et al.* (1977) conduz a discussão da gestão urbana à luz das densidades das cidades, sugerindo que aumentem com a proximidade ao seu centro comercial, a partir de gradientes de densidade estáveis, que mesclm, de maneira espacial, o acesso aos serviços e

conveniências das regiões mais densamente povoadas à calma típica das regiões menos densas.

Evidencia-se, dessa forma, a relação entre as densidades populacionais e as alternativas adotadas para o abastecimento de água e esgotamento sanitário, conduzindo a soluções mais ou menos centralizadas. Libralato et al. (2012) destacam que a descentralização parece possibilitar a redução da proporção da população sem acesso sustentável à água potável e ao esgotamento sanitário, ao passo que reverte a perda de recursos ambientais. Aumentar a acessibilidade à água e ao saneamento não implica, necessariamente, na exploração excessiva dos recursos existentes, mas em melhorar sua gestão de redução, reciclagem e reutilização, além de identificar novas fontes de água, como águas pluviais e águas residuais recuperadas.

No campo das propostas supracitadas, Tonetti et al. (2018) orientam que as tecnologias relacionadas ao saneamento voltem-se à melhoria das condições de saúde e higiene das comunidades por meio de técnicas de baixo custo, que, além de ambientalmente sustentáveis, considerem a cultura e os conhecimentos locais. As propostas apresentadas pelos autores como alternativas de tratamento de esgoto doméstico objetivam auxiliar moradores, gestores públicos e técnicos na tomada de decisão.

O presente artigo tem como objetivo avaliar as relações entre as soluções adotadas para o suprimento de água e tratamento de esgoto, associados aos gradientes de densidades populacional de uma pequena municipalidade, conduzindo à proposição de estratégias sustentáveis de preservação do solo e da bacia hidrográfica que considerem a realidade local.

2. Procedimentos Metodológicos

Como estudo de caso, foi tomado do município de Feliz/RS. Devido ao elevado Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e aos bons resultados apresentados pelo Indicador Social de Desenvolvimento dos Municípios (ISDM), o município vem sendo estudado pelo grupo de pesquisadores de Edificações e Comunidades Sustentáveis do NORIE, na Universidade do Rio Grande do Sul. O foco no desenvolvimento de pesquisas e propostas para a região é capaz de conformar um vasto banco de dados, que podem apoiar demais estudos e favorecer a aplicação de iniciativas. O município situa-se a cerca de 80 km da capital, possui uma população de 12.359 habitantes e ocupa uma área de 95,371 km² (IBGE, 2010). A localidade possui baixa densidade habitacional e é rica em recursos naturais e culturais, conformando uma próspera região do estado do Rio Grande do Sul.

Para a presente análise, foram utilizadas ferramentas da geoestatística e um sistema de informações georreferenciadas, de maneira a potencializar as análises propostas por Alexander *et al.* (1977), em seu padrão 29 (Anéis de Densidade), e construir um diagnóstico espacializado das soluções para o abastecimento de água e esgotamento sanitário adotadas pela comunidade do município de Feliz/RS, buscando conceber uma metodologia orientadora da sustentabilidade na concepção da cidade. Os procedimentos metodológicos encontram-se descritos a seguir.

O centro médio de uma região está associado à média das coordenadas de cada atributo considerado. A concentração habitacional, entretanto, pode levar a um centro ponderado que

considera o ponto mais representativo do núcleo urbano em termos de densidade populacional, expressa pela Equação 1:

$$\bar{X}_w = \frac{\sum_i^n x_i w_i}{\sum_i^n w_i}, \bar{Y}_w = \frac{\sum_i^n y_i w_i}{\sum_i^n w_i} \quad (1)$$

Sendo x_i e y_i , as coordenadas da unidade de informação (o setor por município); e w_i , o atributo ponderador (as densidades populacionais).

Para a medição do grau em que as densidades estão concentradas ou dispersas em torno do centro médio ponderado, foi avaliada a distribuição direcional das concentrações, a partir da elaboração de elipses de desvio padrão. O padrão proposto por Alexander *et al.* (1977) indica que, partindo da região central de maior densidade, envolvida por um círculo de raio R (ou semicírculo, considerado o padrão de núcleos excêntricos dos autores), os três anéis de densidades gradativas devem ter raios equivalentes médios iguais a R/6, 3R/6 e 5R/6. Dessa maneira, propõe-se uma adaptação dessa abordagem, incluindo-se a consideração às feições exploradas, por meio de elipses de distribuição direcional, com base no sistema de informações geográficas, como ilustra a Figura 1.

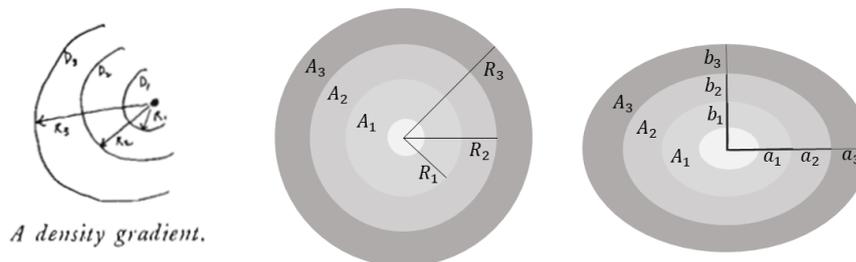


Figura 1: Adaptação do padrão “Anéis de Densidade”, de Christopher Alexander, considerando as elipses de distribuição direcional. Fonte: elaborado pelas autoras, adaptado de Alexander *et al.* (1977).

Tomou-se como ponto central o centro médio ponderado pelas densidades populacionais, quantificadas e espacializadas a partir dos setores censitários. A direcionalidade observada no desenvolvimento dos municípios foi considerada, uma vez que foi tomada a elipse de distribuição direcional de um desvio padrão, como delimitadora do anel externo. Os anéis elípticos foram traçados mantendo-se as proporções propostas por Alexander *et al.* (1977), porém preservando-se as excentricidades das elipses que refletem a tendência de ocupação.

A fim de avaliar as tendências quanto às soluções adotadas no município de Feliz/RS, no âmbito do abastecimento de água e do esgotamento sanitário, foram obtidos seus respectivos índices, quantificados a partir dos dados levantados pelo censo realizado pelo IBGE (2010) e especializado a partir dos setores censitários. Os dados básicos utilizados para elaboração dos índices e confecção dos mapas gráficos estão disponíveis na planilha “Domicílio01_RS”, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

O Índice de Abastecimento de Água representa a proporção dos domicílios particulares permanentes que são abastecidos pela rede de água, por poços e nascentes ou por água da chuva. O Índice de Esgotamento Sanitário representa a proporção de domicílios que

destinam seus efluentes domésticos às fossas sépticas, solução considerada segura no contexto abordado, desde que sejam efetuadas implantação e manutenção adequadas das mesmas. As demais soluções foram computadas de forma global, considerando sua totalidade no município, de maneira a fornecer um diagnóstico e revelar potenciais soluções inexploradas, favorecendo a sustentabilidade na tomada de decisões mais assertivas no contexto local.

As propostas de intervenção consideraram os aspectos de densidade e os conceitos de sustentabilidade, buscando a aplicação de soluções descentralizadas e que envolvam a comunidade, de acordo com a realidade observada, em termos das alternativas já adotadas. É importante ressaltar que não há o intuito de apresentar soluções únicas, definitivas ou aplicáveis a qualquer situação, mas soluções simples de sistemas unifamiliares ou semicoletivos, aplicáveis localmente e de baixo custo, que, quiçá, possam servir como diretrizes para futuras políticas públicas ou privadas. As tecnologias sugeridas buscam a melhoria da qualidade da água, com a redução da poluição e a preservação da vida e da diversidade na bacia do rio Caí. Sua aplicação limita-se à área urbana da municipalidade.

3. Resultados

As densidades por setor censitário, os centros médios geométrico e ponderado pela densidade, e a elipse de distribuição direcional das densidades populacionais são apresentados na Figura 2, sendo identificados, ainda, os gradientes de densidade.

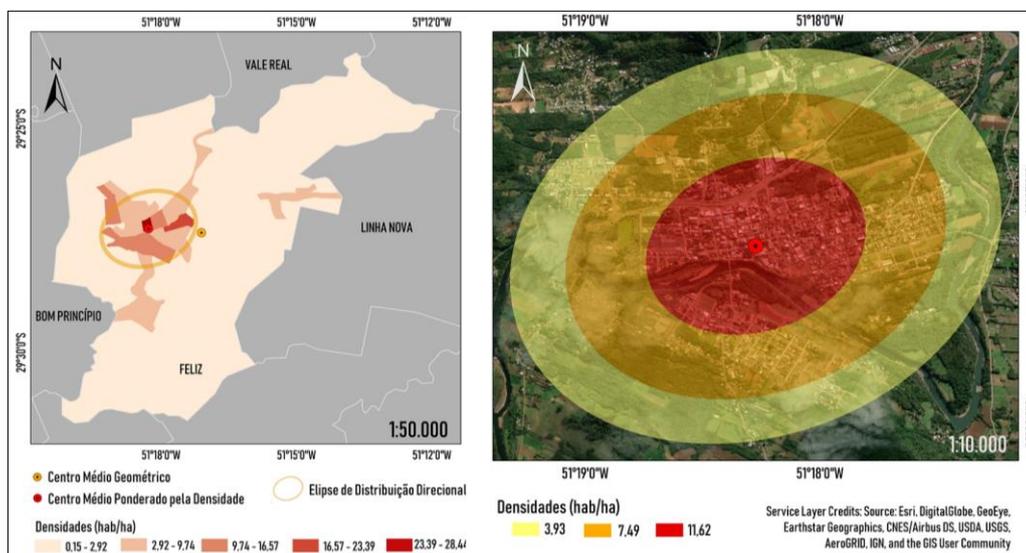


Figura 2: Avaliação das densidades populacionais (à esquerda) e anéis de densidade populacional (à direita) no município de Feliz (RS). Fonte: elaborado pelos autores com dados do IBGE (2010).

A avaliação das densidades, por setores censitários, permite inferir que a ocupação apresenta um núcleo central facilmente detectável e no qual está posicionado o centro médio, ponderado pelas densidades populacionais. Esse cenário alinha-se ao proposto por Alexander *et al.* (1977), que prevê o estabelecimento de densidades locais, a partir desse

ponto de máxima densidade, influenciando, tanto a forma, como às comunidades que ocupam o território, no tocante ao perfil cultural dos seus habitantes.

Há um claro deslocamento a oeste desse núcleo de maior densidade, em relação ao centro médio geométrico do município. Além de questões topográficas e da proximidade com o rio Caí, esse posicionamento é influenciado pelos municípios vizinhos, com destaque ao município de Bom Princípio, à oeste, e Vale Real, à norte. Entre os núcleos principais dos municípios de Feliz e Linha Nova, é observado um núcleo secundário, com densidade superior à de seus arredores, chegando a 4,0 hab/ha, cerca de 17 vezes superior à média dos setores vizinhos. Apesar de não estar inserida na elipse de distribuição direcional, cujo tamanho adotado foi de um desvio padrão, essa área exerce influência sobre a direcionalidade da distribuição.

A elipse de distribuição direcional, por sua vez, resume o padrão das densidades em termos de centralidade, dispersão e tendência direcional, e foi tomada como delimitadora do anel de densidade externo. Os gradientes de densidade observados reforçam a relação entre a comunidade e seus recursos hídricos, uma vez que a ocupação no município é conduzida pelo rio Caí, que exerce centralidade em termos de concentração na distribuição das densidades. Essa constatação corrobora com a necessidade da compreensão dos impactos diretos das ações do urbano no rio, que, por sua vez, também influencia a cidade.

A avaliação das soluções adotadas para o abastecimento de água indica bons Índices de Abastecimento de Água no município, conforme ilustrado na Figura 3. O abastecimento é realizado predominantemente através da rede de abastecimento de água, cuja captação ocorre, de acordo com a Agência Nacional de Águas (2007), a partir de um conjunto de 10 poços, de tratamento simplificado. A segunda forma de abastecimento mais relevante ocorre individualmente, a partir de poços ou nascentes, o que demonstra a grande dependência do município do aquífero subterrâneo e reafirma a necessidade de proteção dos recursos hídricos, a nível de bacia hidrográfica. É importante ressaltar, ainda, que o uso de poços ou nascentes para o abastecimento de água de forma individual requer o monitoramento da qualidade da água, de forma periódica, para a garantia da segurança de seu consumo.

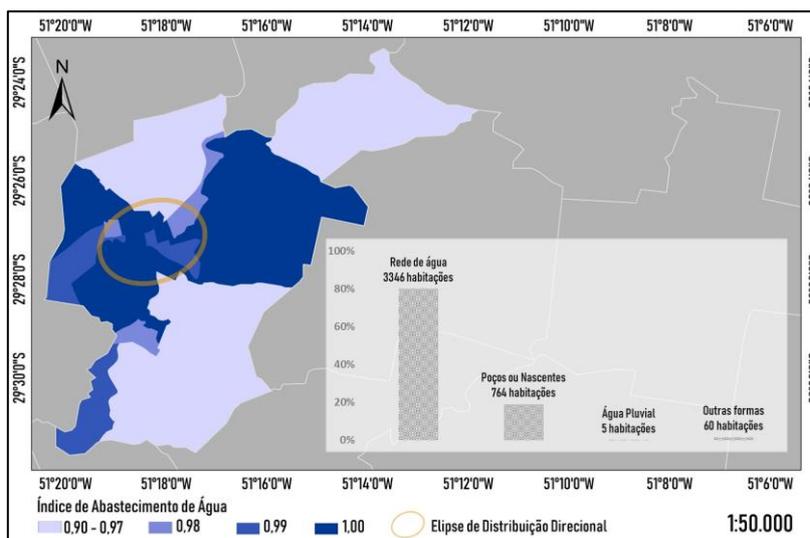


Figura 3: Índice de Abastecimento de Água e soluções de abastecimento de água adotadas no município de Feliz/RS. Fonte: elaborado pelos autores, a partir de dados do IBGE (2010).

Um destaque importante é quanto ao abastecimento pelas águas pluviais, adotado apenas por 5 habitações no município. As precipitações mensais médias, com base em dados das estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (2019), variam: de 80,8 mm, em maio, a 156,6 mm, em janeiro, na Estação 02951014, situada em Feliz (dados de 1950 a 1978); e de 120,4 mm, em abril, a 169,1 mm, em julho, na Estação 02951027, em São Vendelino (dados de 1970 a 2019). O aproveitamento da água da chuva representa uma fonte de abastecimento de água complementar relevante para o município e que pode ser explorada, tanto a nível individual, nas regiões de menor densidade, quanto a partir de sistemas locais coletivos, que supram as regiões mais densificadas.

O cuidado com a água, entretanto, envolve também ações mais abrangentes, que estão relacionadas diretamente à qualidade do lençol freático, que, em última instância, abastece o município. Algumas técnicas de baixo impacto podem contribuir para a proteção das águas na escala do município, uma vez aplicadas na bacia hidrográfica. É importante pontuar, também, os riscos associados ao uso agrícola da terra, a nível regional, considerando a correlação direta existente entre a agricultura sustentável e livre de agrotóxicos e a qualidade da água consumida pela população.

A situação que requer maior alerta, está associada às soluções adotadas para os efluentes domésticos, conforme ilustra o Índice de Esgotamento Sanitário, na Figura 4. Apesar de a maior parte das habitações terem soluções para esgotamento sanitário relativamente seguras, associadas à presença de fossas sépticas, a ligação à rede pluvial e o uso de fossas rudimentares é expressivo. Especialmente, é possível observar que regiões próximas do rio Caí apresentam soluções que podem representar risco de contaminação por carga orgânica às águas e ao solo da região.

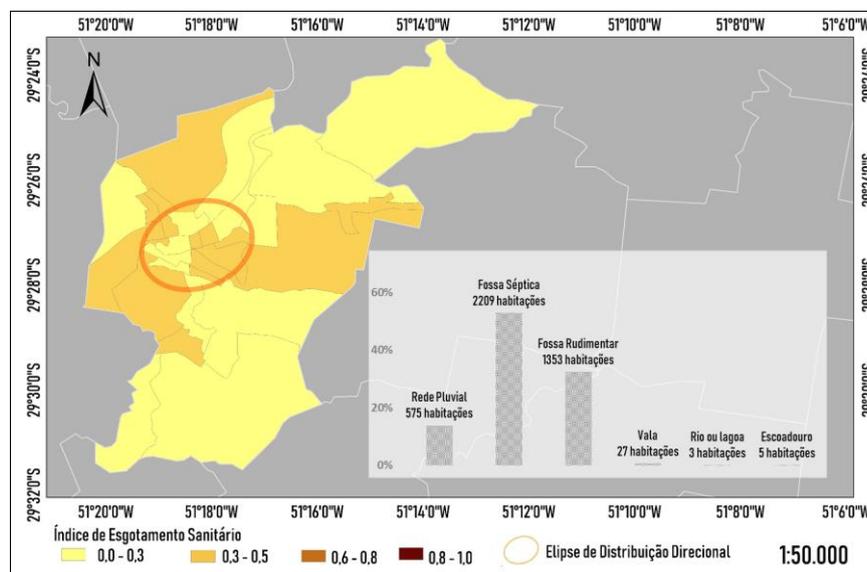


Figura 4: Índice de Esgotamento Sanitário e soluções para o esgotamento sanitário no município de Feliz/RS. Fonte: elaborado pelos autores com dados do IBGE (2010).

Nesse sentido, soluções alternativas podem ser adotadas para complementar as soluções para o esgotamento sanitário doméstico na região. O levantamento das soluções é apresentado na Figura 5.

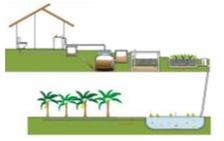
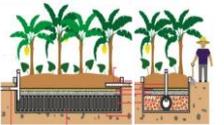
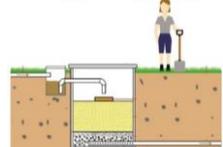
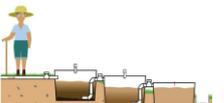
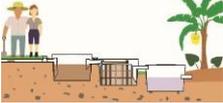
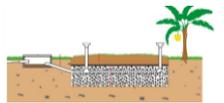
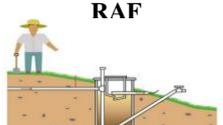
SISTEMA DE TRATAMENTO			
SOLUÇÃO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	SOLUÇÃO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
1. Círculo de Bananeiras 	Área necessária: 3 a 5m ² Custo: Até R\$ 500,00 Remoção da matéria orgânica: Não Manutenção: 2 a 4 X/ano Remoção de Lodo: Não	8. Biosistema Integrado 	Área necessária: 25 a 100 m ² Custo: R\$1.500,00 a R\$2.500,00 Remoção da matéria orgânica: Alta = 80% ou mais Manutenção: 5 ou mais X/ano Remoção de Lodo: Sim
2. Tanque ou Fossa Séptica conforme 	Área necessária: 1,5 a 4 m ² Custo: R\$ 500,00 a R\$1.500,00 Remoção da matéria orgânica: Média = 50 a 79% Manutenção: 1 X/ano Remoção de Lodo: Sim	9. Fossa Verde 	Área necessária: 7 a 10 m ² Custo: R\$1.500,00 a R\$2.500,00 Remoção da matéria orgânica: Alta = 80% ou mais Manutenção: 1 X/ano Remoção de Lodo: Talvez
3. Filtro Anaeróbico 	Área necessária: 1,5 a 4 m ² Custo: R\$ 500,00 a R\$ 1.500,00 Remoção da matéria orgânica: Média = 50 a 79% Manutenção: 1 X/ano Remoção de Lodo: Sim	10. Reator Anaeróbico 	Área necessária: 3 a 8 m ² Custo: R\$1.500,00 a R\$2.500,00 Remoção da matéria orgânica: Média = 50 a 79% Manutenção: 1 X/ano Remoção de Lodo: Sim
4. Filtro de Areia 	Área necessária: 2 a 5 m ² Custo: R\$ 500,00 a R\$1.500,00 Remoção da matéria orgânica: Alta = 80% ou mais Manutenção: 5 ou mais X/ano Remoção de Lodo: Não	11. SAC - Sistemas Alagados Construídos 	Área necessária: 7,5 a 15 m ² Custo: R\$1.500,00 a R\$2.500,00 Remoção da matéria orgânica: Alta = 80% ou mais Manutenção: 2 a 4 X/ano Remoção de Lodo: Não
5. Vermifiltro 	Área necessária: 2 a 5 m ² Custo: até R\$ 500,00 Remoção da matéria orgânica: Média = 50 a 79% Manutenção: 5 ou mais X/ano Remoção de Lodo: Sim (Humus)	12. Fossa Séptica Biodigestora 	Área necessária: 10 a 12 m ² Custo: R\$1.500,00 a R\$2.500,00 Remoção da matéria orgânica: Média = 50 a 79% Manutenção: 5 ou mais X/ano Remoção de Lodo: Não
6. Sistema Modular com Separação das Águas e LETI 	Área necessária: 10 m ² Custo: até R\$ 400,00 Remoção da matéria orgânica: Alta = Até 98% Manutenção: 10 anos Remoção de Lodo: Sim (Humus)	13. Vala de Infiltração conforme NBR 	Área necessária: 7,5 a 15 m ² Custo: R\$1.500,00 a R\$2.500,00 Remoção da matéria orgânica: Alta = 80% ou mais Manutenção: 2 a 4 X/ano Remoção de Lodo: Não
7. Reator anaeróbico de Fluxo Ascendente RAF 	Área necessária: 1,5 a 5 m ² Custo: R\$1.500,00 a R\$2.500,00 Remoção da matéria orgânica: Média = 50 a 79% Manutenção: 2 a 4 X/ano Remoção de Lodo: Sim	<p align="center">** Observações:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Área e custo calculadas para um sistema que atende até 5 pessoas. Em sistemas coletivos, multiplicar pelo número de residências de 5 pessoas. 2. Todos os esgotos provenientes de cozinha, deverão passar primeiramente por caixa de gordura. 	

Figura 5: Soluções para o esgotamento sanitário. Fonte: elaborado pelas autoras, adaptado de Tonetti et al. (2018) e Ercole (2003).

Considerando o gradiente de densidades, as soluções sugeridas para o município estão expostas na Figura 6:

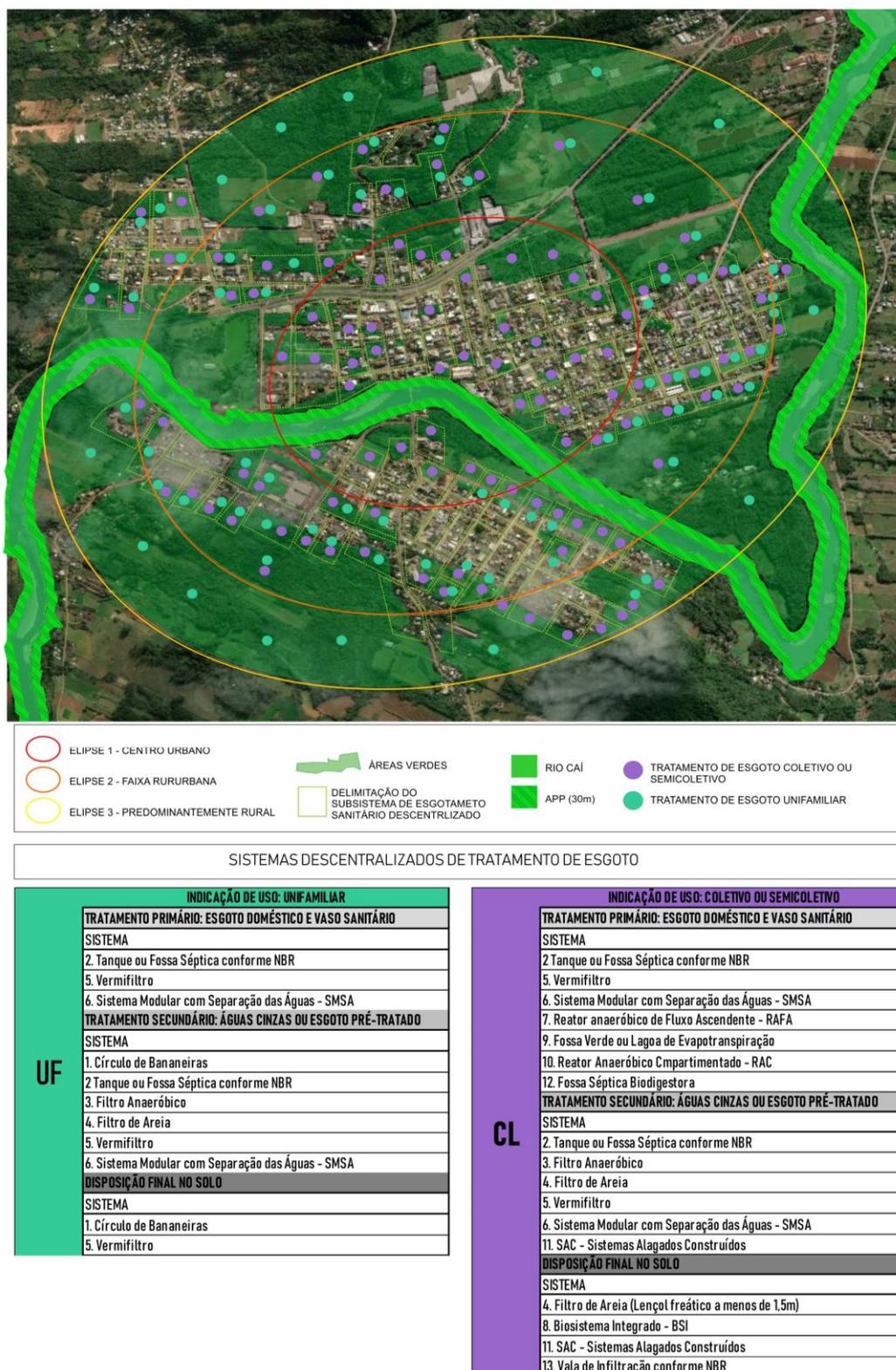


Figura 6: Soluções para esgotamento sanitário, com base na densidade, para o município de Feliz/RS.

No setor contornado pela Elipse 1, que identifica o centro urbano da cidade de Feliz e caracteriza a área de maior densidade do município, foram identificadas áreas verdes em menor quantidade, em relação à área construída. Considerando a análise, propõem-se a utilização de um sistema de esgoto coletivo ou semicoletivo, que poderia ser implementado a partir da divisão de custos entre as moradias, que assumiriam a sua manutenção, de forma autônoma.

No segundo setor, localizado na Elipses 2, compreende-se uma área de transição entre o miolo urbano e a área rural, que pode ser denominado rururbano, onde encontram-se aglomerados de moradias. Para essa região é sugerida a solução da Elipse 1, ou seja, também a implementação de tratamentos coletivos ou semicoletivos, uma vez que exista proximidade entre as moradias e espaço para a localização do sistema de tratamento. Para o caso das demais moradias, que por qualquer motivo não aderirem à alternativa de implementação de um sistema coletivo ou semicoletivo, seria adequada a adoção de um sistema unifamiliar, que requer menos espaço para a sua inserção, podendo vir a requerer um modelo específico de tratamento, de acordo com a particularidade de cada moradia, e desde que atenda às medidas de segurança impostas pela norma regulamentadora.

A Elipse 3, que configura a área rural do município, dispõe de uma vasta área verde para a implementação de distintos sistemas, sendo importante salientar que a proximidade entre o local de tratamento de esgoto e o das moradias é de grande importância, para que os benefícios de um sistema descentralizado sejam otimizados. Assim como na Elipse 2, esta zona também pode ser composta por moradias aglomeradas ou isoladas. Assim sendo, sugere-se as mesmas medidas adotadas na solução anterior.

4. Considerações Finais

É reconhecida a importância de a infraestrutura urbana contemplar o saneamento básico de forma ampla e sistêmica, a fim de oferecer condições de vida adequadas para a população e o meio ambiente. Especificamente no âmbito abordado no presente trabalho, entende-se que as estratégias apresentadas sejam viáveis de serem implementadas, por serem de baixo custo, quando comparadas aos modelos convencionais centralizados, promovendo, além disso, a autonomia civil. Esse cenário permite que as comunidades possam gerir conjunta ou individualmente este serviço, e que ainda possam solicitar ao poder público a utilização deste recurso para estabelecer melhorias locais que estejam sem atenção.

A consideração dos gradientes de densidades populacionais como orientadores mostrou-se uma ferramenta simples, eficiente e de baixo custo, no sentido de articular informações sobre a maneira como a comunidade ocupa o território à tomada de decisão. Essa estratégia pode ser adotada na avaliação de ações mais abrangentes, que estão relacionadas diretamente à qualidade do lençol freático, que, em última instância, abastece o município.

Em trabalhos futuros, sugere-se a consideração de técnicas de baixo impacto, que poderão ser avaliadas dentro da mesma abordagem, no sentido de contribuir para a proteção das águas na escala do município, dentro de sua inserção na bacia hidrográfica, e que se relacionam ao uso do solo, à drenagem urbana e ao manejo de resíduos sólidos. Para as questões relacionadas às águas pluviais, levando em conta a sua baixa adoção para o abastecimento residencial, identifica-se uma oportunidade para o desenvolvimento de um projeto que

reconheça os benefícios deste sistema, que poderia ser utilizado, principalmente, no meio urbano, a partir de infraestruturas permeáveis, alimentando o lençol freático e permitindo que o solo faça a filtragem natural das águas.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água.**, Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas>>, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas**, 2019.

ALEXANDER, C.; SILVERSTEIN, M.; ISHIKAWA, S. **A Pattern Language**. Berkeley: Oxford University Press, 1977. v. 2

ARDEN, S.; MA, X. (Cissy); BROWN, M. Holistic analysis of urban water systems in the Greater Cincinnati region: (2) resource use profiles by emergy accounting approach. **Water Research X**, v. 2, p. 100012, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.wroa.2018.100012>>

BETTENCOURT, L. Cidades como sistemas complexos. In: FURTADO, B. A.; SAKOWSKI, P. A. M.; TÓVOLI, M. H. (Eds.). **Modelagem de sistemas complexos para políticas públicas**. Brasília: IPEA, 2015. p. 436.

FARR, D. **Urbanismo sustentável: desenho urbano com a natureza**, 2013.

IBGE. **Censo de 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: nov. 2019.

KIRSHEN, P. et al. Integrated urban water management applied to adaptation to climate change. **Urban Climate**, v. 24, n. August 2017, p. 247–263, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.03.005>>

LIBRALATO, G.; VOLPI GHIRARDINI, A.; AVEZZÙ, F. To centralise or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management. **Journal of Environmental Management**, v. 94, n. 1, p. 61–68, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.07.010>>

NEWMAN, P.; JENNINGS, I. **Cities as Sustainable Ecosystems: Principles and Practices**. Island Press, 2008. v. 32 Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1111/j.1467-9906.2010.00504.x>>

SERRAO-NEUMANN, S. et al. Urban water metabolism information for planning water sensitive city-regions. **Land Use Policy**, v. 88, n. July, p. 104144, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104144>>

TONETTI, A. L. et al, 2018, **Tratamento de esgotos domésticos em comunidade isoladas: referencial para a escolha de soluções**. 1 ed. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil.