



## **Análise de viabilidade da aplicação de alternativas tecnológicas em drenagem pluvial e coleta e tratamento de efluente para condomínio residencial em município do Litoral Norte Gaúcho**

**Franciele Maria Vanelli<sup>1</sup>, Romualdo Nunes Vanacôr, Juliano Rodrigues Gimenez**

<sup>1</sup>Universidade de Caxias do Sul (fmvanelli@ucs.br, rnvancor@ucs.br, jrgimenez@ucs.br)

### **Resumo**

Este trabalho apresenta a análise de viabilidade para aplicação de alternativas tecnológicas para um condomínio residencial situado em um município do Litoral Norte Gaúcho. O parcelamento do solo trata-se de uma atividade antrópica necessária ao desenvolvimento de um município, porém ocasiona impactos ambientais. Considerando as particularidades do ecossistema litorâneo, como no caso em apreço, denota-se maior significância dos impactos negativos. Com o intuito de minimizá-los, foram projetadas medidas compensatórias lineares em drenagem pluvial e rede coletora a vácuo associado a um sistema coletivo para tratamento do efluente. Além de reduzir os riscos de contaminação dos solos e das águas subterrâneas e superficiais, assegura-se maior qualidade ambiental e, conseqüentemente, da saúde e bem-estar da população. A análise de viabilidade econômica considerou um alcance de projeto de 20 anos. Foram aplicados os métodos de Valor Presente Líquido (VPL), relação Benefício-Custo (B/C) e Taxa Interna de Retorno, obtendo-se resultados positivos e atrativos para estes investimentos. Os resultados obtidos demonstram que com o acréscimo no valor de venda do imóvel e/ou no valor da taxa condominial, o projeto proposto para o condomínio torna-se viável economicamente. Além disso, o empreendimento com viés sustentável acarreta benefícios tangíveis e intangíveis socioambientais para o adquirente e para toda a comunidade de seu entorno.

Palavras-chave: Alternativas tecnológicas. Drenagem pluvial. Efluente doméstico. Esgoto a vácuo.

Área Temática: Tema 14 – Tecnologias Ambientais.

## **Feasibility analysis of the application of alternative technologies in rainwater drainage and collection and treatment of wastewater for residential municipality in the North Coast Gaúcho**

### **Abstract**

*This study presents a viability analysis on application of technologies alternatives for a residential condominium located in a municipality on the North Coast Gaúcho. The division of a land into lots refers an anthropic activity required for development of a municipality however causes environments impact. Considering the peculiarities of the coastal ecosystem, as in this case, denotes a greater significance of the negative impacts. In order to minimize them, linear compensatory measures were designed for storm drainage and sewer vacuum associated with a system for the treatment of effluent. Besides to reducing the risk of contamination of soil and groundwater and surface water, ensures greater environmental quality and thus the health and well - being of the population. The economic feasibility analysis considered a 20-year project scope. Were applied the methods of Net Present Value (NPV), Benefit Cost ratio (B/C) and Internal Rate of Return, yielding positive results and*



## 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

*attractive for these investments. The results show that with the increase in the sale of the property value and/or the value of the condominium fee the proposed project to the condo becomes economically viable. In addition, the sustainable development brings tangible and intangible benefits environmental to the purchaser and the entire community of your surroundings.*

*Key words: Technological alternatives. Drainage. Domestic Wastewater. Sewer vacuum.*

*Theme Area: Environmental Technologies*



## 1 Introdução

A Zona Costeira representa uma área de contato entre sistemas distintos, interface entre o ar, a terra e o mar, porém altamente vinculados. Segundo Strohaecker (2007), essa particularidade revela sua riqueza e sua vulnerabilidade concomitantemente.

Os municípios do litoral apresentam particularidades ao que tange suas características topográficas, pedológicas e hidrogeológicas. Em geral, referem-se a locais planos de solo arenoso com nível de lençol freático elevado. Considerando os impactos associados ao parcelamento do solo, evidencia-se maior significância dos mesmos nas áreas litorâneas devido às características desse ecossistema.

Mediante o exposto verifica-se a necessidade da proposição de um projeto de engenharia que atenda aos requisitos legais vigentes e preze pela sustentabilidade do empreendimento. Para tal, devem ser avaliadas medidas mitigadoras com enfoque de integração sustentável entre o condomínio e o ambiente natural, principalmente ao que tange os temas drenagem pluvial e esgotamento sanitário.

Portanto, sob a ótica da sustentabilidade, o objetivo desse trabalho foi propor alternativas tecnológicas para um condomínio residencial situado em um município do Litoral Norte Gaúcho visando mitigar os impactos sanitários, ambientais e socioeconômicos decorrentes do processo de urbanização na região litorânea. As tecnologias propostas contemplam medidas compensatórias lineares em drenagem pluvial, esgotamento sanitário a vácuo e sistema de tratamento com vistas ao reúso. A partir do projeto proposto foi realizada a análise da viabilidade contemplando os aspectos econômicos, técnicos, ambientais e sociais.

A área a ser parcelada é de, aproximadamente, 40.000 m<sup>2</sup>, possibilitando a construção de um condomínio fechado com 68 lotes, desses 67 residenciais e um destinado à instalação da estação de vácuo e da estação de tratamento de efluentes do condomínio. Ressalta-se que no município em estudo não há convênio com a concessionária para esgotamento sanitário.

## 2 Medidas compensatórias lineares em drenagem pluvial

Convencionalmente, aplicam-se medidas de macrodrenagem cujo intuito é promover o escoamento da água precipitada o mais rapidamente possível para jusante através de condutos, preferencialmente, subterrâneos. No entanto, essa medida trata-se de uma transferência dos problemas de inundação.

Para neutralizar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos assegurando a qualidade de vida e a conservação ambiental, o presente estudo considerou a aplicação de tecnologias alternativas denominadas medidas compensatórias. Segundo Baptista, Nascimento e Barraud (2005), essas medidas baseiam-se na retenção e na infiltração das águas precipitadas, visando o rearranjo temporal das vazões e, eventualmente, a diminuição do volume escoado, reduzindo a probabilidade de inundações e possibilitando melhorias na qualidade das águas pluviais.

Em virtude das características da área do empreendimento, optou-se por medidas compensatórias lineares cuja dimensão longitudinal é mais significativa em comparação com sua largura e profundidade e comumente são aplicadas em associação com o sistema viário.

Considerou-se a instalação de pavimentos permeáveis tanto na pista de rolamento, cuja área total é de 5.242,5 m<sup>2</sup>, quanto no passeio público - área de 2.456 m<sup>2</sup>. Associada ao longo de todo o passeio foi projetada a trincheira de infiltração com largura de 1 m e profundidade de 1,2 m. O meio filtrante – brita nº 3 – foi envelopado com manta geotêxtil e sobreposto por uma camada de solo orgânico com cobertura de grama. Além disso, para melhor acessibilidade, considerou-se a instalação de placas de concreto em formato de grade nas entradas de garagens e a cada 60 m da via.



### 3 Esgotamento sanitário a vácuo

O esgoto doméstico é, usualmente, conduzido na tubulação através do escoamento proporcionado pela gravidade, sendo necessário que cada trecho da tubulação tenha declividade favorável. No entanto, em determinadas circunstâncias, tais como, regiões planas ou com inclinação natural insuficiente, baixa densidade populacional, nível de lençol freático elevado, ocorrência de obstáculos na rota das tubulações, regiões litorâneas, solos instáveis, fragmentados ou rochosos, não é possível obter a declividade mínima. Algumas dessas situações podem ser verificadas no local de implantação do condomínio residencial objeto desse estudo.

Mediante a existência de alguns desses fatores que podem impedir ou representar alto investimento nas obras, alternativas tecnológicas baseadas em sistemas mecanizados possibilitam a condução dos esgotos com eficiência. A rede de esgotamento a vácuo é um sistema mecanizado cujo princípio de funcionamento baseia-se na diferença de pressão entre a atmosfera e a pressão negativa no interior da rede coletora. A NBR 15710 (ABNT, 2009) define os três principais componentes desse sistema: a caixa de válvula, a rede de coleta e a estação de vácuo.

De acordo com NBR 15710 (ABNT, 2009) e Tsutiya e Alem Sobrinho (2000), o esgoto doméstico flui por gravidade até o compartimento inferior da caixa de válvula. A válvula sela a linha que se liga à tubulação principal permitindo que se mantenha o nível de vácuo requerido. O sensor de nível aciona a abertura da válvula de interface ao atingir um volume de 40 L. Essa permanece aberta o tempo suficiente para que a pressão de ar externo impulse o esgoto contido na caixa de válvula para a rede coletora que se encontra sob vácuo. O escoamento até o tanque coletor localizado na estação de vácuo é decorrente do vácuo existente na tubulação. As bombas de recalque, acionadas automaticamente ao atingir um volume predeterminado, impulsionam o esgoto até a estação de tratamento. O vácuo no sistema é mantido através de uma estação de bombeamento a vácuo.

Para o projeto proposto, a tubulação por gravidade foi assentada no passeio público obtendo-se uma extensão total de 848 m, enquanto que a tubulação a vácuo foi assentada no centro da pista de rolamento com extensão total de 555 m. Foram distribuídas 12 caixas de válvula, 6 válvulas de manobra e 18 unidades de TIL condominial nos trechos por gravidade. A estação a vácuo é composta por um tanque coletor de volume padronizado de 1,5 m<sup>3</sup>, duas bombas de recalque com potência de 0,5 hp, sendo uma reserva e duas bombas de vácuo de 450 mm Hg e capacidade mínima de 0,015 m<sup>3</sup>/s, sendo uma reserva.

### 4 Tratamento do efluente doméstico

Com vistas ao reúso do efluente para as descargas sanitárias, o dimensionamento do sistema de tratamento do efluente será realizado visando atender aos padrões estabelecidos por Chernicharo et al (2006). O efluente tratado deve apresentar valor inferior a 1.000 NMP/100 mL para coliformes termotolerantes e helmintos e dentre os físico-químicos deve ser esteticamente não objetável e não propiciar a geração de odores no sistema de armazenamento.

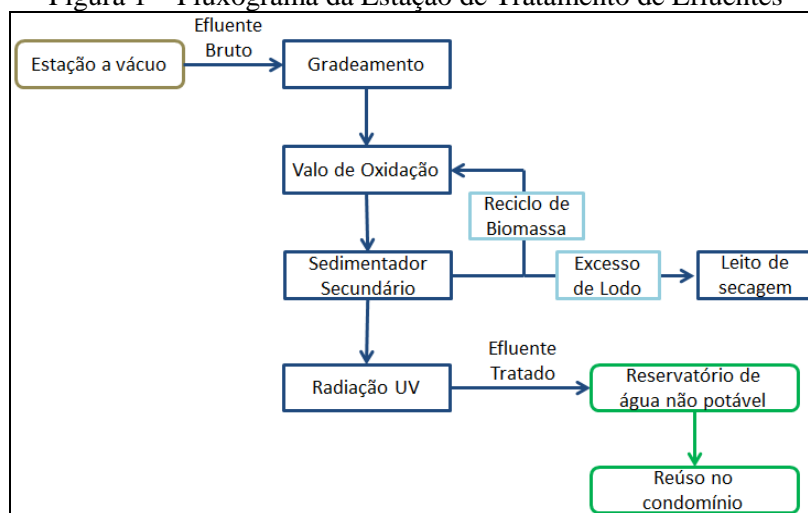
A Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) projetada atende a vazão diária a ser tratada de 54 m<sup>3</sup>. Integram sua estrutura: crivo, valo de oxidação, sedimentador secundário e desinfecção por radiação ultravioleta, conforme demonstrado na Figura 1.

Em virtude da baixa vazão, o gradeamento foi substituído por um crivo flangeado na tubulação de entrada. O tratamento primário foi dispensado devido à aplicação do valo de oxidação, tratamento secundário de lodos ativados com aeração prolongada. Após o valo de oxidação, o licor deve ser encaminhado para o sedimentador secundário, onde a fração líquida segue para a desinfecção por radiação ultravioleta, uma fração de lodo retorna ao valo de



oxidação e o excedente de lodo é encaminhado para o leito de secagem.

Figura 1 – Fluxograma da Estação de Tratamento de Efluentes



Fonte: Autora

Circundando o lote de locação da estação a vácuo e a ETE, foi adotada a implantação de cortinamento vegetal para melhorar a qualidade paisagística e evitar possíveis transtornos com os condôminos caso ocorram ruídos e odores.

## 5 Análise de viabilidade

A análise de viabilidade econômica foi efetuada pelo método do Valor Presente Líquido (VPL) baseando-se no fluxo de caixa que abrange a demanda financeira e a receita advinda dos benefícios por um período de 20 anos. Para o cálculo do VPL foram empregados os valores do IGP-M (Índice Geral de Preços do Mercado) acumulado dos últimos 12 meses, 10,09%, considerando o mês de outubro e da taxa SELIC (Sistema Especial de Liquidação e Custódia) de 14,15% projeção para 2015. Outro método empregado foi a relação benefício custo (B/C), onde os valores de receitas em VPL são divididos pelos custos em VPL. Quando o resultado for maior que 1, o projeto é considerado viável, se menor que 1, inviável e se igual a 1, indiferente.

Para cenários viáveis economicamente realizou-se a análise pela Taxa Interna de Retorno (TIR). Para tal, admitiu-se que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) corresponde ao valor da taxa SELIC. Ao comparar TMA e TIR, o valor obtido para TIR deve ser maior valor que a taxa SELIC para o projeto ser atrativo.

Para possibilitar a análise de viabilidade foram elaborados três cenários com alcance de projeto de 20 anos, cuja síntese é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 – Cenários elaborados

Cenário	Qualitativo
0	Implantação de tratamento individual do esgoto, pavimentação asfáltica na pista de rolamento e calçamento em concreto
1	Aplicação de pavimentos permeáveis e trincheiras de infiltração, sistema de esgotamento sanitário a vácuo e ETE com vistas ao reúso em descargas sanitárias e acréscimo de R\$ 230,00 na taxa condominial
2	Aplicação de pavimentos permeáveis e trincheiras de infiltração, sistema de esgotamento sanitário a vácuo e ETE com vistas ao reúso em descargas sanitárias e acréscimo de R\$ 85,25 na taxa condominial e de R\$ 14,96/m² na aquisição do imóvel

Fonte: Autora

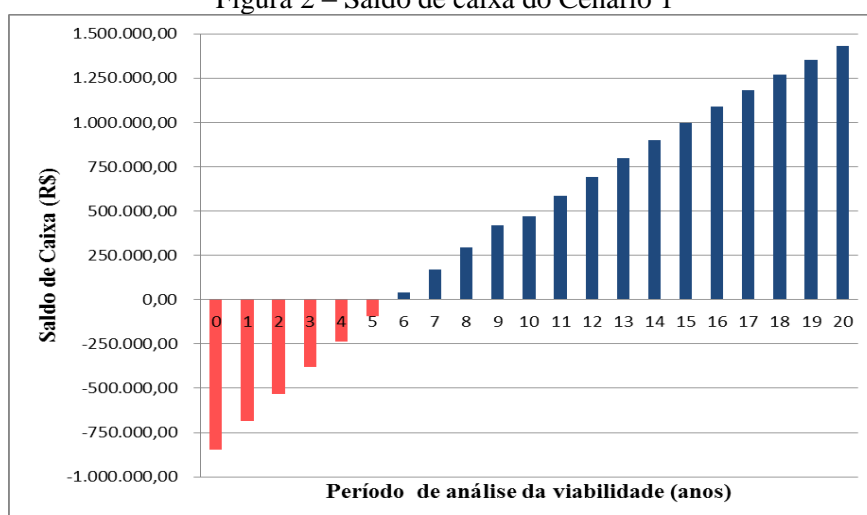


O Cenário 0 apresentou custo de implantação de R\$ 507.470,14. O exposto nesse cenário refere-se à infraestrutura básica, logo esse valor será internalizado no valor de venda do imóvel. Sendo assim, nos demais cenários esse valor do custo de implantação foi considerado uma receita, tendo em vista que seria um custo evitado quando da implantação dos Cenários 1 ou 2.

No Cenário 1, o custo de implantação foi R\$ 1.355.780,99. Os custos de operação e manutenção contemplaram despesas anuais com energia elétrica para suprir demanda excedente decorrentes da estação a vácuo e dos aeradores da ETE, além da troca a cada 10 anos das caixas de válvula – dispositivos do sistema a vácuo.

Entre as receitas anuais do Cenário 1 foram contabilizadas a economia com água potável visto que com o reúso do efluente tratado nas descargas sanitárias deve ocorrer redução no consumo, a economia gerada pela inexistência de sistema individual e, respectiva, limpeza e manutenção, além do acréscimo de R\$ 230,00 na taxa condominial. Esse valor foi estimado baseando-se em quanto seria necessário pagar mensalmente para o projeto proposto ser viável economicamente e atrativo. Ressalta-se que o projeto contempla a aplicação de alternativas tecnológicas relacionadas à drenagem pluvial, esgotamento e tratamento do efluente sanitário. As demais estruturas de um condomínio não integram a análise realizada. A Figura 2 apresenta o resultado da análise econômica do Cenário 1.

Figura 2 – Saldo de caixa do Cenário 1



Fonte: Autora

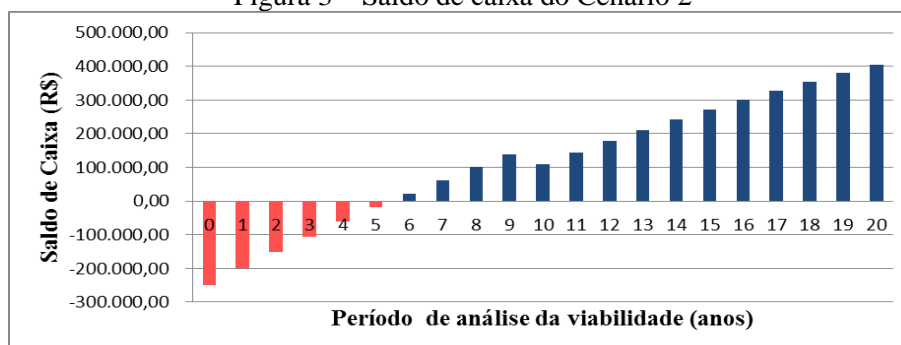
No Cenário 2, mantiveram-se iguais os custos de implantação, operação e manutenção. Quanto às receitas, houve alteração no valor acrescido na taxa condominial que passou a ser R\$ 85,25 e ocorreu acréscimo na receita do ano 0 em decorrência do aumento no valor de venda do imóvel, R\$ 14,96/m². O valor acrescido na taxa condominial foi ponderado levando em consideração quanto deveria ser mensalmente despendido para efetuar a limpeza dos sistemas individuais de tratamento do efluente caso fosse implantado o Cenário 0. No entanto, esse valor de taxa condominial não foi suficiente para tornar o projeto proposto viável economicamente e atrativo. Sendo assim, foi necessário estimar quanto deveria ser pago a mais por um imóvel com viés sustentável para assegurar sua viabilidade econômica e atratividade, resultando em um valor de venda com acréscimo de R\$ 14,96/m². A Figura 3 apresenta o resultado da análise econômica do Cenário 2.

Essa hipótese indica quanto os compradores pagariam a mais na aquisição de um imóvel e/ou através do acréscimo mensal na taxa condominial para assegurar melhor qualidade de vida e de meio ambiente no local e no seu entorno.





Figura 3 – Saldo de caixa do Cenário 2



Fonte: Autora

## 6 Análise conclusiva

O objetivo do projeto de engenharia apresentado foi analisar a proposição de alternativas tecnológicas para um condomínio residencial situado em um município do Litoral Norte Gaúcho, visando minimizar os impactos negativos decorrentes do parcelamento de solo. Salienta-se que o ecossistema litorâneo apresenta particularidades que denota maior significância nos impactos da urbanização. Mediante isso, foram projetadas medidas compensatórias lineares em drenagem pluvial para garantir maior volume de infiltração das precipitações e rede coletora a vácuo associado a sistema coletivo para tratamento do efluente, de modo a reduzir os riscos de contaminação de solos e águas subterrâneas e superficiais, assegurando a balneabilidade dos corpos hídricos e qualidade ambiental.

Ambientalmente, os benefícios tangíveis e intangíveis obtidos nos Cenários 1 e 2 são os mesmos. Eles apresentam viabilidade ambiental em virtude da mitigação dos impactos ambientais negativos da urbanização, tais como, redução no risco de contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas, maior recarga dos aquíferos, conservação das dunas frontais e da fauna e flora associada, entre outros. Além disso, deve-se ressaltar que benefícios ambientais repercutem positivamente no meio antrópico. O risco de perdas de vidas humanas em decorrência de inundação sofre decréscimo, conservação do patrimônio arqueológico – sambaquis –, valoração da água potável, distribuição de água potável para maior parcela da população, valorização dos imóveis, entre outros benefícios indiretos.

Além disso, todos os cenários apresentados são tecnicamente viáveis. A tecnologia empregada no sistema de esgotamento a vácuo está consolidada em vários países do mundo apesar de ser pouco difundida no Brasil. Em Florianópolis, SC, no balneário de Jurerê Internacional, esse sistema é empregado e apresenta resultados efetivos, principalmente ao que tange a qualidade das águas subterrâneas e superficiais.

Para analisar se o projeto é economicamente viável, foram empregados métodos para qualificar cada um dos cenários. Os resultados da análise de viabilidade econômica são apresentados na Tabela 1 e incluem o saldo de caixa em valor presente líquido (VPL), relação benefício custo (B/C) e, quando cabível, taxa interna de retorno (TIR).

Tabela 1 – Viabilidade econômica dos cenários propostos

Cenário	VPL (R\$)	Relação B/C	TIR (%)
0	- 1.479.542,09	0	-
1	1.433.190,19	1,50	14,56
2	405.335,78	1,14	14,46

Fonte: Autora



No Cenário 1 foi considerado um acréscimo de R\$ 230,00 na taxa condominial. Esse valor representa quanto os condôminos devem estar dispostos a pagar a mais mensalmente para assegurar melhor qualidade de vida e de meio ambiente no local e no seu entorno. Já para o Cenário 2, considerou-se um acréscimo no valor de aquisição do imóvel de R\$ 14,96/m<sup>2</sup> e taxa condominial com acréscimo de R\$ 85,25. Essa hipótese indica quanto os compradores pagariam a mais na aquisição de um imóvel para assegurar melhor qualidade de vida e de meio ambiente no local e no seu entorno.

A partir dos resultados nota-se que os Cenário 1 e 2 apresentam viabilidade econômica e atratividade, em virtude do aumento no valor do imóvel, seja no momento da aquisição ou através da cobrança de um valor superior na taxa condominial. Em ambos os cenários o retorno ocorre entre o 5º e 6º ano, um investimento que pode ser enquadrado como de médio prazo. Ressaltando-se que no Cenário 2, o valor que o empreendedor receberá pela venda do imóvel, internalizará 82 % do custo de implantação do projeto proposto. Agregando os benefícios tangíveis e intangíveis na publicidade do imóvel, a venda dos imóveis pode ser impulsionada mesmo com o valor acrescido.

A aplicação de alternativas tecnológicas representa inovação, aprimoramento dos resultados para que além de eficazes – atenderem aos objetivos e metas propostos – e eficientes – relação entre o resultado alcançado e os recursos utilizados –, sejam, de fato, efetivos – representem impacto real das medidas implantadas sobre as condições sociais da população. Mediante o exposto, verifica-se que o projeto apresenta eficácia, eficiência e efetividade ao que tange a viabilidade técnica, econômica e ambiental, apesar do maior custo agregado ao produto final, em virtude de sua utilização restrita.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15710**: Sistemas de redes de coleta de esgoto sanitário doméstico a vácuo. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

BAPTISTA, Márcio Benedito; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira; BARRAUD, Sylvie. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos; et al. Tratamento de esgotos e produção de efluentes adequados a diversas modalidades de reúso da água. In: Florencio, Lourdinha; Bastos, Rafael Kopschitz Xavier; Aisse, Miguel Mansur (coord.). **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. PROSAB. cap. 3. p. 63 – 110.

STROHAECKER, Tânia Marques. **A urbanização no litoral norte do Estado do Rio Grande do Sul: contribuição para a gestão urbana ambiental do município de Capão da Canoa**. 2007. 398 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/10086>>. Acesso em: 09 fev. 2015.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki; ALEM SOBRINHO, Pedro; UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2.ed. São Paulo: Escola Politecnica da Universidade de São Paulo, 2000.