

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CAMPUS FRANCISCO BELTRÃO

LEOBERTO SAVEGNAGO
RENAN FERRI

**CARACTERIZAÇÃO DE ESGOTO ORIUNDO DE FOSSA SÉPTICA
BIODIGESTORA E SEU POTENCIAL PARA APLICAÇÃO NA
AGRICULTURA COMO BIOFERTILIZANTE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO
2014

LEOBERTO SAVEGNAGO

RENAN FERRI

**CARACTERIZAÇÃO DE ESGOTO ORIUNDO DE FOSSA SÉPTICA
BIODIGESTORA E SEU POTENCIAL PARA APLICAÇÃO NA
AGRICULTURA COMO BIOFERTILIZANTE**

Proposta para apresentação de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC2) como requisito parcial para conclusão do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Francisco Beltrão.

Orientador: **Prof. Dr. Henrique Cesar Almeida**

Co-orientador: **Prof. Dr. Cláudia E. Castro Bravo**

Co-orientador: **Prof. Dr. Juan Carlos Pokrywiecki**

FRANCISCO BELTRÃO

2014



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC - 2

Caracterização de esgoto oriundo de fossa séptica biodigestora e seu potencial para aplicação na agricultura como biofertilizante.

por

Leoberto Savegnago

Monografia apresentada às **17:00 horas, do dia 18 de fevereiro de 2014** como requisito parcial para obtenção do título de **ENGENHEIRO AMBIENTAL**, Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **APROVADO**.

Banca examinadora:

Profª. Drª. CLAUDIA E. CASTRO BRAVO
UTFPR convidada

Prof. Dr. HENRIQUE C. ALMEIDA
UTFPR Orientador

Prof. Dr. JUAN CARLOS POKRYWIECKI
UTFPR convidado

Prof. Dr. Juan Carlos Pokrywiecki
Coordenador do TCC-2

A copia original encontra-se assinada na coordenação de Engenharia Ambiental



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão
Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC - 2

Caracterização de esgoto oriundo de fossa séptica biodigestora e seu potencial para aplicação na agricultura como biofertilizante.

por

Renan Ferri

Monografia apresentada às **17:00 horas, do dia 18 de fevereiro de 2014** como requisito parcial para obtenção do título de **ENGENHEIRO AMBIENTAL**, Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **APROVADO**.

Banca examinadora:

Profª. Drª. CLAUDIA E. CASTRO BRAVO
UTFPR convidada

Prof. Dr. HENRIQUE C. ALMEIDA
UTFPR Orientador

Prof. Dr. JUAN CARLOS POKRYWIECKI
UTFPR convidado

Prof. Dr. Juan Carlos Pokrywiecki
Coordenador do TCC-2

A copia original encontra-se assinada na coordenação de Engenharia Ambiental

RESUMO

SAVEGNAGO, Leoberto; FERRI, Renan. **Caracterização de Esgoto Oriundo de Fossa Séptica Biodigestora e seu Potencial para Aplicação na Agricultura como Biofertilizante.** 2014. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Francisco Beltrão – PR, 2013.

Junto com o crescimento populacional surge o aumento da demanda por alimentos e água. Como consequência da utilização desses recursos, são gerados diversos tipos de resíduos, sendo que estes devem receber o tratamento e/ou a disposição adequada. No entanto, não somente os centros urbanizados sentem tais efeitos, mas também o setor rural, principalmente as propriedades de pequeno porte. Com o trabalho objetivou-se propor uma alternativa para o tratamento de esgoto doméstico gerado em uma propriedade rural, além de indicar a aplicação deste esgoto tratado como biofertilizante para o desenvolvimento das plantas de milho e de soja. Para isso, realizaram-se coletas de amostras, antes e após o tratamento por fossa séptica biodigestora, para realizar análises físico-químicas, de nutrientes e microbiológicas, verificando com isso a eficiência do tratamento realizado e o teor de nutrientes no esgoto pós-tratamento. Com esses dados, calcularam-se as dosagens para a aplicação do esgoto como biofertilizante em complemento à adubação química utilizada para o milho e a soja. Conclui-se, portanto, que o esgoto tratado por fossa séptica biodigestora pode ser aplicado ao solo onde se deseja cultivar as monoculturas de milho e soja, se for realizado um tratamento complementar, para a retirada de microorganismos patogênicos. No entanto, considerando as concentrações de nutrientes presentes no esgoto, o volume empregado seria impraticável para uma propriedade de pequeno porte, em virtude da alta eficiência da fossa séptica biodigestora para os parâmetros físico-químicos e de nutrientes.

Palavras Chave: Saneamento. Macronutrientes. Solo. Agricultura.

ABSTRACT

SAVEGNAGO, Leoberto; FERRI, Renan. **Characterization Of Sewage Originally From Séptic Biodigester Tank And Its Potential For Application In Agriculture as Bio-fertilizer**. 2014. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Francisco Beltrão – PR, 2013.

Along with population growth comes the increased demand for food and water. As a result of their use, are generated various types of waste, and these must receive the treatment and / or proper disposal. However, not only the urbanized centers feel such effects, but also the countryside sector, mostly the small properties. Through this work it was aimed to propose an alternative for the treatment domestic wastewater generated at a country estate, besides indicating the application of treated wastewater as bio-fertilizer for growth of maize and soybean. For this, were carried out the samples collection to before and after treatment septic biodigester tanks, to realize physical-chemical, nutrient and microbiological analysis, thereby verifying the efficiency of the treatment and nutrient content in wastewater after treatment. With these data, were calculated the dosages for the application of sewage as bio-fertilizer in addition to chemical fertilizer used for maize and soybeans. Therefore, it is concluded that the treated wastewater by septic biodigester tank can be applied to land where want to cultivate monocultures of maize and soybeans, if a post-treatment is carried out to remove pathogenic microorganisms. However, considering the concentrations of nutrients present in sewage, the volume used would be impractical for a small property, due to the high efficiency of biodigester Septic for physic-chemical parameters and nutrients.

Keywords: Sanitation. Macronutrients. Soil. Agriculture.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – MAPA DE OCUPAÇÃO POR SETORES PREDOMINANTES	16
FIGURA 2 – PORCENTAGEM DE DOMICÍLIOS RURAIS CONTEMPLADOS COM SANEAMENTO BÁSICO.....	19
FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO DOS SÓLIDOS NO ESGOTO BRUTO	21
FIGURA 4 – CULTURAS PREDOMINANTES NA PAUTA DO MUNICÍPIO	26
FIGURA 5 – SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS LÍQUIDOS DA RESIDÊNCIA COM FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA.....	31
FIGURA 6 – SISTEMA DE TRATAMENTO EXISTENTE NA PROPRIEDADE	33
FIGURA 7 – ESGOTO BRUTO E TRATADO NO SISTEMA DE TRATAMENTO POR FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA	34

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – QUANTIDADE DE ESGOTO GERADO NA PROPRIEDADE SEGREGADO POR TRATAMENTO	33
GRÁFICO 2 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.	48
GRÁFICO 3 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DOS NUTRIENTES	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – QUANTIDADE DE ESGOTO GERADO NA PROPRIEDADE POR AMBIENTE	32
TABELA 2 – PARÂMETROS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO - PR	37
TABELA 3 – TEORES DE NITROGÊNIO PARA ADUBAÇÃO REFERENTE À CULTURA DO MILHO	39
TABELA 4 – INTERPRETAÇÃO DO TEOR DE FÓSFORO NO SOLO CONFORME O TEOR DE ARGILA E PARA SOLOS ALAGADOS	39
TABELA 5 – TEORES DE FÓSFORO E POTÁSSIO PARA ADUBAÇÃO NA CULTURA DO MILHO	40
TABELA 6 – INTERPRETAÇÃO DO TEOR DE POTÁSSIO CONFORME AS CLASSES DE CTC DO SOLO À pH 7	41
TABELA 7 – TEORES DE FÓSFORO E POTÁSSIO PARA ADUBAÇÃO NA CULTURA DA SOJA	42
TABELA 8 – RESULTADO DA ANÁLISE: AMOSTRA A	44
TABELA 9 – RESULTADO DA ANÁLISE: AMOSTRA B	44
TABELA 10 – RESULTADO DA ANÁLISE: AMOSTRA C	45
TABELA 11 – CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE FOSSA/TANQUE SÉPTICO PARA OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	46
TABELA 12 – CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE FOSSA/TANQUE SÉPTICO DOS NUTRIENTES	47
TABELA 13 – DEMONSTRAÇÃO DOS RESULTADOS DA DISTRIBUIÇÃO “t” DE STUDENT	48
TABELA 14 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DA DBO POR DIFERENTES TIPOS DE TRATAMENTO	50
TABELA 15 – CONCENTRAÇÃO DAS FORMAS DE NITROGÊNIO PRESENTES NO ESGOTO TRATADO	51
TABELA 16 – COMBINAÇÕES DE NITROGÊNIO DISPONÍVEL ENTRE A URÉIA E O ESGOTO TRATADO PARA A CULTURA DO MILHO	52
TABELA 17 – COMBINAÇÕES DE FÓSFORO DISPONÍVEL ENTRE O SFT E O ESGOTO TRATADO PARA A CULTURA DO MILHO	53
TABELA 18 – COMBINAÇÕES DE POTÁSSIO DISPONÍVEL ENTRE O KCl E O ESGOTO TRATADO PARA A CULTURA DO MILHO	54
TABELA 19 – COMBINAÇÕES DE FÓSFORO DISPONÍVEL ENTRE O SFT E O ESGOTO TRATADO PARA A CULTURA DA SOJA	56
TABELA 20 – COMBINAÇÕES DE POTÁSSIO DISPONÍVEL ENTRE O KCl E O ESGOTO TRATADO PARA A CULTURA DA SOJA	57

TABELA 21 – MÉDIA DAS TRÊS AMOSTRAS DO ESGOTO TRATADO PELO SISTEMA DE FSB EM COMPARAÇÃO COM A RESOLUÇÃO CONAMA N° 430/11	58
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2.OBJETIVO	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 HISTÓRICO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO SUDOESTE DO PARANÁ	15
3.2 SANEAMENTO BÁSICO E AMBIENTAL	16
3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS IMPUREZAS NA ÁGUA	20
3.3.1 Parâmetros Físico-Químicos	20
3.3.1.1 <i>Matéria Orgânica</i>	20
3.3.1.2 <i>Sólidos Totais</i>	20
3.3.1.3 <i>Turbidez</i>	21
3.3.1.4 <i>Nitrogênio</i>	21
3.3.1.5 <i>Fósforo</i>	22
3.3.1.6 <i>Potássio</i>	22
3.3.1.7 <i>Cálcio</i>	22
3.3.1.8 <i>Magnésio</i>	23
3.3.2 Parâmetros Microbiológicos.....	23
3.3.2.1 <i>Organismos Indicadores de Contaminação Fecal</i>	23
3.4 FORMAS DE TRATAMENTO DO ESGOTO GERADO	24
3.4.1 Fossa Séptica Biodigestora (FSB)	24
3.4.2 Eficiência de Remoção da Fossa Séptica Biodigestora (FSB)	25
3.5 POTENCIAL DA APLICAÇÃO DO ESGOTO NA AGRICULTURA	25
3.5.1 Adubação	27
3.5.2 Soja	28
3.5.3 Milho	28
3.6 LEGISLAÇÕES VIGENTES	29
4 MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1 LOCALIZAÇÃO DA PROPRIEDADE E TRATAMENTO DO ESGOTO GERADO	31
4.2 ANÁLISES DO ESGOTO BRUTO E TRATADO	34
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
4.4 EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO	36
4.5 METODOLOGIA PARA ADUBAÇÃO COM ESGOTO TRATADO	37
4.5.1 Adubação para o Milho	38
4.5.1.1 Adubação Nitrogenada	38

4.5.1.2 Adubação Fosfatada	39
4.5.1.3 Adubação Potássica	40
4.5.2 Adubação para a Soja	42
4.5.2.1 Adubação Nitrogenada	42
4.5.2.2 Adubação Fosfatada	42
4.5.2.3 Adubação Potássica	43
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1 PARÂMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS, NUTRICIONAIS E MICROBIOLÓGICOS DO ESGOTO ANALISADO	44
5.2 CÁLCULO DE ADUBAÇÃO COM O ESGOTO TRATADO.....	51
5.2.1 Adubação para o Milho	51
5.2.1.1 Adubação Nitrogenada	51
5.2.1.2 Adubação Fosfatada	53
5.2.1.3 Adubação Potássica	54
5.2.2 Adubação para a Soja	55
5.2.2.1 Adubação Fosfatada	55
5.2.2.2 Adubação Potássica	56
5.3 REPOSIÇÃO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO	57
5.4 AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE DE LANÇAMENTO DO ESGOTO TRATADO COM AS LEGISLAÇÕES VIGENTES	57
6 CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS	61
ANEXO A – TABELA DA DISTRIBUIÇÃO ‘t’ DE STUDENT	66

1 – INTRODUÇÃO

Quase todas as iniciativas de desenvolvimento existentes na sociedade atual têm como uma de suas premissas a sustentabilidade ambiental. Tais iniciativas, sendo essas de caráter conservacionista, por imposição de lei ou por interesses mercadológicos, impulsionam cada vez mais a necessidade da utilização dos 5 R's, ou seja de repensar, reduzir, reaproveitar, reciclar ou recusar resíduos gerados (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009). No entanto, quando se pensa em planejar novas formas de desenvolvimento, é dada maior ênfase para a urbanização dos grandes centros, mas o desenvolvimento e as necessidades do setor rural, principalmente nas pequenas propriedades, não são vistas como parte importante deste planejamento (FAVARETO, 2010).

Segundo os dados censitários (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA¹, 2011), a fatia que representa o setor rural no Brasil e no estado do Paraná gira entorno de 16% e 15%, respectivamente. Traduzindo em número de habitantes, isso corresponde a quase 30 milhões de brasileiros e mais de um milhão e meio de paranaenses. O que é bastante representativo quando se pensa em planejar uma gestão adequada dos recursos hídricos utilizados.

Pesquisas mostram que a distribuição de água atinge 81,1% da população brasileira. O atendimento a coleta de esgoto chega a 46,2% de toda a população e, de todo o esgoto gerado, 37,9% recebe algum tipo de tratamento (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2013). Em se tratando de população rural, 32,8% dos domicílios deste meio estão ligados a redes de abastecimento de água com ou sem canalização interna. O restante da população (67,2%) capta água de chafarizes e poços protegidos ou não, diretamente de cursos de água sem nenhum tratamento ou de outras fontes alternativas geralmente insalubres.

Sobre esgotamento sanitário, somente 5,7% destes domicílios estão ligados à rede coletora de esgotos e 20,3% utilizam a fossa séptica como solução para o tratamento dos dejetos, enquanto que a grande maioria (74%) depositam os dejetos em fossas rudimentares ou em cursos d'água ou diretamente no solo a céu aberto. Este cenário contribui diretamente para a contaminação dos cursos hídricos e conseqüentemente pelo surgimento de doenças de veiculação hídrica. Tal fato explica em parte a grande taxa de mortalidade infantil existente no Brasil (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA², 2009).

Neste sentido, a utilização de mecanismos que ajudem no tratamento e/ou na melhor destinação dos esgotos gerados, é sempre bem vinda. A Fossa Séptica Biodigestora (FSB) é uma alternativa interessante destinada para este propósito. A FSB consiste em um tratamento

de esgoto sanitário em locais onde a rede de esgoto pública ainda não é uma realidade, como nos casos das áreas rurais, agindo em substituição do esgoto a céu aberto e as fossas rudimentares existentes. Este sistema leva a redução das cargas orgânicas e inorgânicas, além de organismos patogênicos, apresentando potencial para fertilizar e irrigar o solo (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2010). Desta forma, o esgoto tratado surge como uma alternativa de insumo a custo zero que poderá auxiliar na produtividade em culturas de grãos, diminuindo assim gastos com adubos químicos comerciais, além de diminuir os riscos de contaminação ambiental pelo tratamento não eficaz do esgoto gerado na propriedade melhorando assim a qualidade de vida dos moradores.

2 – OBJETIVO

2.1 – OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência do tratamento do esgoto sanitário por fossa séptica biodigestora e seu potencial de utilização na agricultura como biofertilizante.

2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a caracterização físico-química, nutricional e microbiológica do esgoto bruto e tratado.
- Realizar análise estatística para comprovar significância no tratamento do esgoto.
- Avaliar a eficiência da fossa séptica biodigestora para remoção dos contaminantes físico-químicos, nutricionais e microbiológicos.
- Realizar cálculos de dosagens do esgoto tratado para a complementação da adubação química utilizada para o cultivo das plantas de milho e soja tendo como referência um solo típico da região.
- Comparar os resultados do esgoto tratado com legislações vigentes.

3 - REVISÃO DE LITERATURA

3.1 - HISTÓRICO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO SUDOESTE DO PARANÁ

A ocupação do território na região sudoeste é datada de antes da década de 1940, onde foram ocupadas primeiramente as áreas de campos, principalmente nas cidades de Palmas e de Clevelândia, predominando a atividade pecuária, realizada por fazendeiros que ali se instalaram. Até por isto, estas foram as únicas cidades reconhecidas desta mesorregião, contendo apenas sete vilas, dentre elas a vila de Pato Branco. Em áreas em que predominavam a floresta densa, havia pequena ocupação, estando ligada principalmente a extração de erva mate para a indústria argentina e a suinocultura (FLORES, 2009).

A partir da década de 1940, com a criação da Colônia Agrícola Nacional General Osório (CANGO), instituição criada pelo então presidente Getúlio Vargas para acelerar o processo de povoamento da região, vários imigrantes oriundos do oeste catarinense e norte rio-grandense se estabeleceram por ali. Esta instituição destinava a estes agricultores, que eram geralmente descendentes de italianos e alemães, pequenas porções de terra, além de assistência com estradas, casas, ferramentas, sementes, entre outros insumos. A atividade de extração da madeira também foi importante neste processo. Esta atividade possibilitou que os pequenos agricultores pudessem trabalhar na sua porção de terra, podendo assim manejar o solo para agricultura. Para escoar a produção e revender a madeira e outros artigos produzidos na região, criaram-se estradas e pontes. Surgiram assim alguns comércios, que traziam dos centros os produtos para serem revendidos na região. A energia elétrica foi introduzida pela iniciativa privada, principalmente pelas indústrias madeireiras utilizando a força natural das águas (FRANCISCO BELTRÃO, 2013).

A mesorregião do Sudoeste do Paraná está localizada no terceiro planalto paranaense e conta atualmente com 37 municípios, divididos em três microrregiões: Francisco Beltrão, Pato Branco e Capanema (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2004). Segundo o censo do IBGE de 2010, a região possui 476.540 habitantes com uma área aproximada de 11.645,792 Km².

O clima desta região, segundo Koppen-Geiger é predominantemente tropical úmido (Cfa) e, em menores proporções, tropical úmido com verão temperado (Cfb). Os solos da região se deram pela origem basáltica e pelo intemperismo, onde os solos mais profundos ocupam áreas mais aplainadas e suavemente onduladas, enquanto as superfícies de maiores

declividades são ocupadas por solos mais rasos, dentre os quais se ressaltam três tipos: Latossolos, Neossolos e Nitossolos (MAACK, 2012).

A economia da região é baseada na agricultura familiar, sendo a segunda região paranaense com menor grau de urbanização. O mapa a seguir revela os setores predominantes na região sudoeste do Paraná (Figura 1).

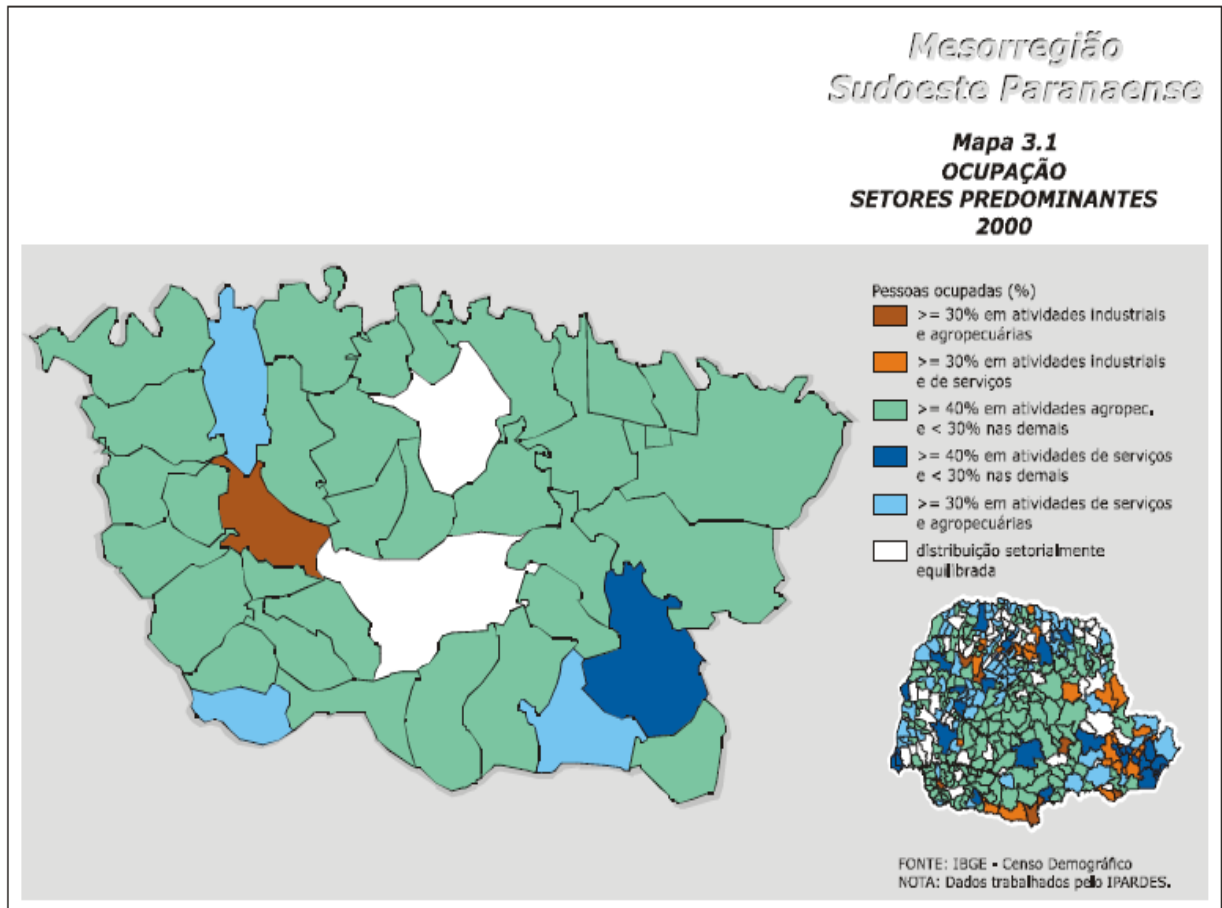


Figura 1: Mapa de ocupação por setores predominantes.

Fonte: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES) p. 135. 2004.

Mesmo a economia da região tendo como base uma agricultura familiar, a geração de resíduos é um fato inevitável, principalmente os resíduos líquidos domiciliares. Este tipo de resíduo pode ter um alto potencial de poluição se não for devidamente tratado e/ou reutilizado.

3.2 - SANEAMENTO BÁSICO E AMBIENTAL

Saneamento Ambiental, em sua essência, reflete ações e intervenções técnicas e socioeconômicas que visam à salubridade ambiental. Ou seja, medidas que contemplem o

abastecimento de água em quantidade e qualidade suficientes, o tratamento de esgotos sanitários, o manejo das águas pluviais, coleta, transporte e disposição de resíduos sólidos urbanos, fiscalização e controle de emissões atmosféricas, a vigilância sanitária de pragas e doenças, o controle de uso e ocupação do solo de acordo com planos diretores e o controle quanto à emissão de ruídos (MORAES; BORJA, 2005).

Não obstante, saneamento básico é o conjunto de medidas intimamente ligadas à atividade humana e sua saúde, principalmente relacionadas com a água e resíduos urbanos, que objetivam a salubridade ambiental, tendo como principal enfoque de atuação por parte do poder público o abastecimento de água e tratamento de esgoto, manejo de resíduos sólidos e atividade de drenagem urbana. (BERNARDES; SCÁRDUA; CAMPANA, 2006).

Portanto, de uma forma geral, o conceito de saneamento corresponde a atitudes sobre o meio físico em que se habita ao qual objetiva-se obter condições específicas e necessárias para a preservação da saúde e conservação da vida. A Organização Mundial de Saúde (OMS) define saúde como "um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não somente ausência de afecções e enfermidades". Assim, o saneamento é cada vez mais essencial à saúde, isto porque um ambiente equilibrado e saudável é o início para a qualidade de vida. (HELLER et al., 1997).

Segundo a OMS, em 2004, cada R\$ 1,00 investido em saneamento possibilita a economia de R\$ 4,00 na área da saúde, pois a questão do saneamento esta diretamente relacionada à qualidade de vida da população. De acordo com a Pesquisa "De Olho no PAC" do Instituto Trata Brasil, em 2010, menos de 30% das obras do PAC Saneamento foram concluídas. Das 114 grandes obras de saneamento nos municípios acima de 500 mil habitantes, apenas 7% de obras foram concluídas até dezembro de 2011, sendo que 60% destas obras estão paralisadas, atrasadas ou ainda não foram iniciadas. Outro dado importante que a pesquisa aponta é que deveriam ser investidos 0,63% do PIB em saneamento básico, porém são investidos apenas 0,22% (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2013).

Trabalhos feitos há várias décadas já concluíram que, se o foco de interesse fosse deslocado de ações de curta duração para efeitos de longo prazo ou intervenções sistêmicas, tais como abastecimento de água e tratamento de esgoto, estas seriam mais eficazes que a intervenção médica para remediar uma pessoa enferma (BRISCOE, 1985). Outros autores, no período de 1860 e 1920, evidenciaram uma redução das taxas de doenças diarreicas e no controle das epidemias de tifo e cólera nos países Europeus e da América do Norte relacionados às melhorias do meio ambiente, principalmente ao acesso a água suficiente e de

boa qualidade e de dispositivos para eliminar o esgoto sanitário, que elevaram o nível da qualidade de vida (HELLER et al., 1997).

O quadro 1 mostra que algumas doenças podem ser relacionadas à destinação incorreta dos esgotos sanitários (HELLER et al., 1997).

Classificação	Propagação	Doenças
Doenças do circuito fecal-oral com etiologia bacteriana, viral, protozoária ou parasitária;	Propagam-se por transmissão interpessoal, assim como, especialmente as de origem bacteriana, por vias mais longas, mediante a contaminação fecal dos alimentos, das mãos e das águas;	Diarréias contagiosas, as disenterias, a febre tifóide, a poliomielite, a hepatite A, a disenteria amébrica, a giardíase, a hymenolepiase, a cisticercose;
Helmintíases;	Propagadas pela contaminação do solo, que requerem um período de desenvolvimento no terreno e transmitem-se por ingestão direta ou de vegetais contaminados ou por penetração através dos pés;	Ascariíase, ancilostomíase, tricocefalíase e strongiloidose;
Heimintíases;	Propagadas pela contaminação dos corpos hídricos;	Esquistossomose;
Teníases	Propagadas por bois e porcos, que se infestam mediante ingestão de excretas;	Solitária;
Doenças propagadas pelos vetores que entram em contato com os excretos	Transmitida por mosquitos que se reproduzem em águas contaminadas,	Filaríase, e as doenças já mencionadas, quando na sua transmissão estão implicadas moscas ou baratas.

Quadro 1: Classificação, propagação e doenças oriundos de contaminação com esgoto.

Fonte: adaptado de HELLER et al., 1997.

O saneamento rural é o conjunto de intervenções no meio físico que visa à qualidade ambiental do meio rural, objetivando a manutenção da saúde. É basicamente composto por tratamento de água e a disposição de esgotos sanitários e resíduos de uso agrônômico. No entanto, um problema evidenciado na maioria das propriedades rurais, principalmente as de agricultura familiar, é a falta de serviços como o abastecimento de água potável segura e a destinação adequada dos dejetos gerados. Portanto, o manejo deficiente de resíduos sólidos domésticos e sua disposição ao ar livre ou em cursos de água e encostas, somados à erosão e o desmatamento, relacionados à pressão da agricultura intensiva, falta de conhecimento técnico

e fiscalização, juntamente com a má gestão dos agrotóxicos, trazem sérias consequências sobre a saúde da população, o ambiente e os ecossistemas no meio rural (CERDA; CÚNEO, 1999).

Tais problemas ficam mais evidentes quando são analisados os dados do Censo de 2010 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA¹, 2010). Segundo o instituto, 30 milhões de pessoas residem no meio rural, ou 16% da população brasileira. Desta população, 7,6 milhões de habitantes vivem em situação de extrema pobreza (com renda familiar menor que 70 reais *per capita*), totalizando 25% da população total rural. São 8,1 milhões de domicílios rurais, onde apenas 28% recebem a rede geral de distribuição de água e apenas 3,1% estão ligados a rede coletora de esgoto, 13,9% tem como forma de tratamento fossa séptica e 53,9% possuem fossa rudimentar de disposição de esgoto.

A Figura 2 revela a porcentagem de domicílios rurais contemplados com o saneamento básico na mesorregião do Sudoeste Paranaense.

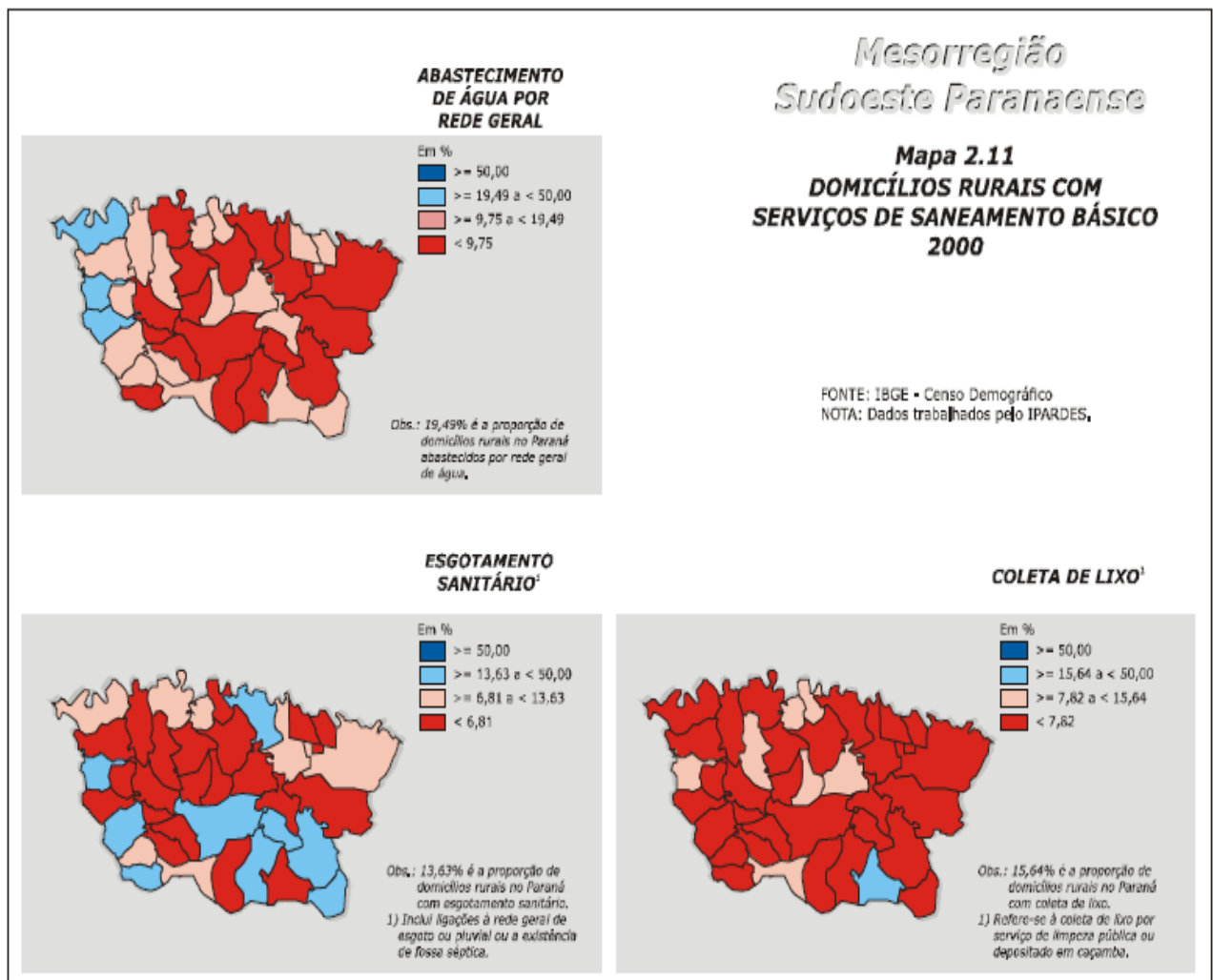


Figura 2: Porcentagem de domicílios rurais contemplados com saneamento básico.

Fonte: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES), p. 133. 2004.

3.3 - CARACTERIZAÇÃO DAS IMPUREZAS NA ÁGUA

A seguir, faz-se uma análise dos componentes presentes na água que alteram o seu grau de pureza, divididos por suas características físico-químicas e microbiológicas, através de parâmetros de qualidade da água.

3.3.1 – PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Estão presentes alguns conceitos, definições e principais efeitos dos parâmetros físico-químicos pertinentes à caracterização do efluente gerado por esgotamento sanitário.

3.3.1.1 – MATÉRIA ORGÂNICA

É a principal causadora de poluição nas águas. Isto ocorre porque, para a estabilização da matéria orgânica pelos microrganismos, existe o consumo de oxigênio dissolvido em água. A matéria orgânica dos efluentes pode ser composta por proteínas, carboidratos, gorduras, óleos, além da uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas, entre outras estruturas. Pode ser mensurada pelas demandas bioquímicas e químicas de oxigênio (DBO e DQO), além da medição do carbono orgânico total - COT (SPERLING, 2005).

A DQO indica a quantidade de oxigênio que seria consumida através de reações químicas de oxidação por diversos compostos orgânicos presentes, indicando de maneira indireta a quantidade de matéria orgânica presente no líquido. Já a DBO é a quantidade de oxigênio molecular necessária à estabilização da matéria orgânica carbonada decomposta por microrganismos aeróbicos. A relação DBO/DQO indica a biodegradabilidade do efluente, sendo assim, quanto mais próximo de 1 (um) for esta relação, maior será a eficiência do tratamento biológico (MACEDO, 2005).

3.3.1.2 – SÓLIDOS TOTAIS

A composição dos sólidos nos esgotos domésticos é de apenas 0,1%, sendo que os outros 99,9% é composto por água. Todos os contaminantes existentes na água, exceto os gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos, que podem ser classificados devido as suas propriedades químicas, seu tamanho e sua decantabilidade (SPERLING, 2005).

A Figura 3 mostra a distribuição dos sólidos em esgoto bruto.

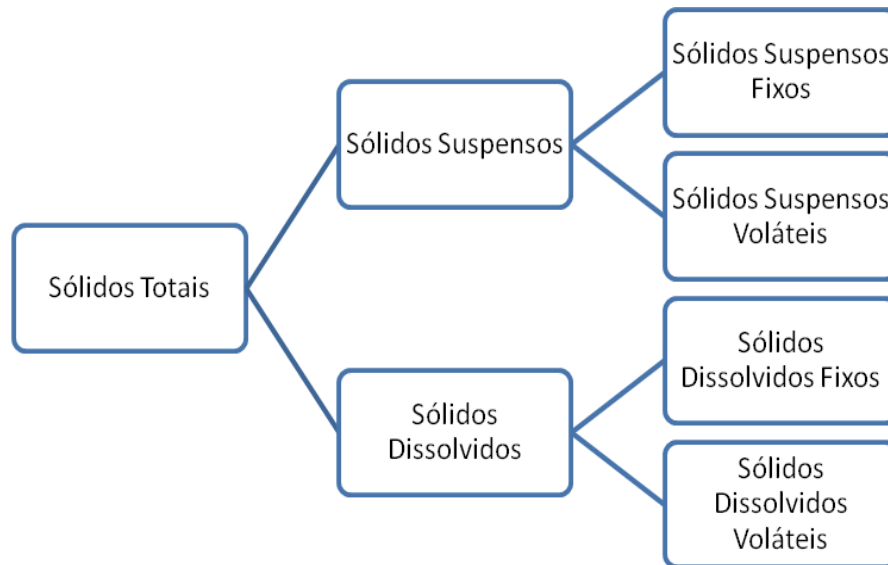


Figura 3: Distribuição dos sólidos no esgoto bruto.
Fonte: Adaptado de RICHTER; NETTO, 1991.

Além destes, os sólidos suspensos podem ser divididos em sedimentáveis ou não sedimentáveis. Os sedimentáveis podem ser medidos em um equipamento conhecido como cone *Imhoff*.

3.3.1.3 –TURBIDEZ

É a característica da água que impede a absorção ou dispersão da luz devido à presença de partículas em suspensão, conferindo a mesma aparência turva. A turbidez pode ser associada à compostos tóxicos e microorganismos patogênicos (RICHTER; NETTO, 1991).

3.3.1.4 – NITROGÊNIO

O tratamento biológico só pode ser efetuado em condições suficientes de nitrogênio (RICHTER; NETTO, 1991). O nitrogênio pode ser encontrado no meio aquático na forma de nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico, amônia livre (NH_3), íon amônio (NH_4^+), íon nitrito (NO_2^-) e íon nitrato (NO_3^-). As formas de nitrogênio encontradas em esgotos domésticos brutos são o nitrogênio orgânico e a amônia, que tem origem fisiológica. O nitrogênio total é a soma destas formas com o nitrito e o nitrato. Em efluentes resultantes de

tratamentos com nitrificação, a forma mais usualmente encontrada é o nitrato (SPERLING, 2005).

Além disso, o nitrogênio é um nutriente essencial para o crescimento de algas e plantas, sendo facilmente absorvido nas formas de amônio e nitrato. O nitrogênio é tóxico a algumas espécies de peixes e, quando em excesso, pode causar eutrofização em corpos hídricos (LIBÂNIO, 2008).

3.3.1.5 – FÓSFORO

A especiação do fósforo em meio aquático pode ser observada nas formas de ortofosfatos, polifosfatos e fosfatos orgânicos, sendo os primeiros diretamente disponíveis para o metabolismo biológico. O fósforo, assim como o nitrogênio, é essencial para o crescimento de plantas e algas, e para o crescimento de microorganismos que realizam a estabilização da matéria orgânica (SPERLING, 2005). Assim como observado para o nitrogênio, quando em excesso, o fósforo pode causar a eutrofização em corpos hídricos.

3.3.1.6 – POTÁSSIO

Apesar da não existência de dados relativos ao aspecto sanitário, sabe-se que o potássio é amplamente aproveitado pela planta, sendo o segundo mais absorvido, depois apenas do nitrogênio. A presença deste macronutriente tende a melhorar o aproveitamento de nitrogênio, obtendo-se como resultado uma melhor formação dos grãos e dos tubérculos (AZAMBUJA, 1996). Pela presença em grande quantidade na planta, constitui cerca de 25% das cinzas, este nutriente tem grande importância nas funções fisiológicas, como fotossíntese, respiração, formação de ligações peptídicas, translocação de carboidratos, entre outras funções. Por isso, os sintomas da deficiência em potássio são vistos nas folhas mais velhas, com o aparecimento de clorose de cor amarelo-clara a bronzeada e marrom entre as nervuras, podendo ocorrer a queimadura e o secamento das bordas da folha (COELHO; VERLENGIA, 1973).

3.3.1.7 – CÁLCIO

O cálcio é um macronutriente secundário, podendo ser encontrado no solo naturalmente através da erosão das rochas e minerais, e por meio antrópico, através da

calagem e adubações. O cálcio trocável, que está mais disponível às plantas, é influenciado por alguns fatores, sendo estes: textura do solo, matéria orgânica e lixiviação (COELHO; VERLENGIA, 1973). O cálcio exerce funções importantes para o bom desenvolvimento e bom funcionamento das raízes e para a fixação de nitrogênio atmosférico (AZAMBUJA, 1996).

3.3.1.8 – MAGNÉSIO

Este macronutriente é essencial a algumas transformações do nitrogênio no micro-organismo, nos vegetais e nas ações simbióticas. É importante na fotossíntese e na desintegração de carboidratos. Pode ser encontrado na forma de óxidos, carbonatos, cloretos, sulfatos, nitratos, entre outros (BRADY, 1983).

Este nutriente tem relação com o aporte de fósforo na planta, sendo que a deficiência de magnésio causa clorose e baixo desenvolvimento de grãos e frutos nas plantas (COELHO; VERLENGIA, 1973).

3.3.2 – PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

Alguns micro-organismos presentes em corpos hídricos detêm grande importância no processo de tratamento de água e na sua utilização para determinados fins. Bactérias, fungos e protozoários podem causar poluição à água devido ao caráter patogênico de várias espécies observadas no esgoto doméstico (RICHTER; NETTO, 1991). Alguns micro-organismos alimentam-se da matéria orgânica em processo de decomposição para a síntese e produção de nutrientes, como os microorganismos heterótrofos saprófitas (NUVOLARI et. al, 2003)

As bactérias fazem parte do Reino Monera, sendo a maioria unicelular procarionte e de acordo com a espécie, podem viver em uma das três faixas de temperatura, a criófila, que varia de -2 a 30 °C, mesófilas que variam de 20 a 45°C e as termófilas que variam de 45 a 75°C. Sua nutrição é composta pela absorção de nutrientes e possuem faixa ótima de pH de 6,5 a 7,5 (NUVOLARI et. al, 2003).

3.3.2.1 – ORGANISMOS INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO FECAL

Os microrganismos termotolerantes indicam a contaminação da água por fezes humanas ou de animais de sangue quente, com potencial para transmissão de doenças. O

Quadro 1, mostrado anteriormente, cita as doenças do circuito fecal oral com etiologia bacteriana, indicando sua propagação.

A *Escherichia coli* é uma bactéria gram negativa aeróbia ou anaeróbia facultativa, sendo a mais utilizada para detectar a contaminação pois é a única que garante a presença de contaminantes fecais na amostra (SPERLING, 2005). A E. Coli fermenta a lactose com produção de ácido e gás em 24-48 horas e a temperatura de 35°C (NUVOLARI et. al, 2003).

3.4 – FORMAS DE TRATAMENTO DO ESGOTO GERADO

Existem dois tipos básicos de sistemas de esgotamento sanitário: sistema individual ou estático e os sistemas coletivos ou dinâmicos.

Os sistemas coletivos são utilizados em locais com alta densidade populacional, onde o esgoto gerado é transportado por canalizações, recebe o tratamento necessário e disposição final sanitariamente adequada. Este sistema ainda pode ser dividido em dois, o sistema unitário ou combinado, onde as águas pluviais recebem o mesmo destino final que o esgoto gerado, e o sistema separador, onde a água da chuva é separada das canalizações que leva ao tratamento de esgoto. Os sistemas individuais sugerem a solução no local, sendo, portanto mais adequado para utilização unifamiliar ou ainda em pequenos centros de tratamento. Este sistema pressupõe o tratamento de esgotos em fossas ou tanques sépticos (SPERLING, 2005).

Neste sentido a utilização de fossas sépticas biodigestoras é uma contrapartida interessante para o tratamento do esgoto gerado pelas pequenas propriedades rurais.

3.4.1 - FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA (FSB)

As fossas sépticas, também conhecidas como decanto-digestores, são compostas de uma câmara, que recebe o esgoto gerado, tendo como função permitir a sedimentação, o armazenamento dos sólidos sedimentáveis (lodo) e a digestão, que ocorre em ambiente anaeróbio, ou seja, sem a presença de oxigênio, permitindo a diminuição do volume e da carga orgânica do esgoto tratado (NUVOLARI et al., 2003).

Esses sistemas de tratamento de esgoto podem apresentar melhor eficiência de degradação de matéria orgânica quando inoculados com esterco provenientes de animais ruminantes (Bovinos, Caprinos, Ovinos, Bubalinos, entre outros), que contêm bactérias do gênero Celulolíticas, Hemicelulolíticas, Pectinolíticas, Amilolíticas e Ureolíticas, que aceleram a biodigestão e retiram odores desagradáveis (SILVA et al, 2007).

Os processos físicos e biológicos que ocorrem dentro das câmaras da fossa séptica provocam a degradação da matéria orgânica, liberando durante a reação nitritos, nitratos, carbonatos, sulfetos, sulfatos e fosfatos, que são depositados no fundo destas câmaras. Os líquidos e materiais graxos, por serem menos densos, formam o material sobrenadante, acima do efluente líquido. Ocorre ainda a formação de gases, principalmente de metano e de gás carbônico, que são variáveis que devem ser consideradas antes deste tipo de reator (MACINTYRE, 1982).

3.4.2 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DA FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA (FSB)

A eficiência de remoção pode ser classificada como a capacidade de reduzir as impurezas que diminuem a qualidade da água ou que trazem características patogênicas, pelo sistema de tratamento utilizado. Por este motivo, a finalidade do tratamento, em vista da eficiência de remoção, visa programar aspectos de melhoria ambiental, como a redução de doenças, melhoria da saúde da comunidade, contribui na qualidade das águas de rios, riachos e lençóis freáticos, ou seja, na melhoria da qualidade de vida em geral (CAGEPA, 2014).

Ao se tratar da eficiência do processo de degradação da matéria orgânica, muitos autores, ao longo do tempo, denotam faixas de remoção dos parâmetros DBO e DQO e do parâmetro sólidos, situando-se na faixa de 40 a 70% e de 50 a 80%, respectivamente. No entanto, tais resultados dependem das características do efluente, do projeto da fossa séptica em si e da manutenção do sistema de tratamento (ANDREOLI et al, 2009).

A eficiência da remoção de matéria orgânica pela caixa de armazenamento (Fossa Séptica), medida pelo fabricante, é de 30 – 40%, enquanto conjugado com um filtro anaeróbio, a eficiência eleva-se de 40 – 75%. Com a utilização do sistema completo (Reator anaeróbio + Filtro anaeróbio + Fossa Séptica) a eficiência de remoção da carga orgânica pode chegar a 85%. Porém, a eficiência de remoção nestes sistemas de tratamento de esgoto depende da contribuição diária de despejos, através do número de ocupantes e do padrão de consumo dos mesmos (FORTLEV, 2013).

3.5 – POTENCIAL DA APLICAÇÃO DO ESGOTO NA AGRICULTURA

Os efluentes podem ser aplicados nos solos, fornecendo água e nutrientes para este compartimento ambiental. Uma fração do líquido evapora, outra infiltra ao longo do perfil de

solo e parte é absorvida pelas plantas. Os esgotos podem ser aplicados aos solos por vários mecanismos, tais como: aspersores, valas, canais, alagamentos entre outros.

Portanto, se houverem nutrientes disponíveis no solo, as plantas irão absorver esses nutrientes para seu desenvolvimento. Estes podem ser categorizados em macro e micronutrientes. Os macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) são os elementos químicos exigidos em maior quantidade pela planta; já os micronutrientes (boro, cobalto, cobre, ferro, manganês, molibdênio, zinco e cloro) são os exigidos em menor quantidade, porém sendo ambos necessários para que os estádios de desenvolvimento da planta ocorram normalmente e para que a planta fique menos susceptível às pragas e doenças (WENDLING et al., 2002).

Para saber a quantidade de nutrientes que se deve disponibilizar para a planta (adubação), deve-se necessariamente saber o tipo de planta que se quer produzir, o substrato que a planta está fixada, os nutrientes que este substrato contém além da quantidade de produção que se quer obter, entre outros (AZAMBUJA, 1996).

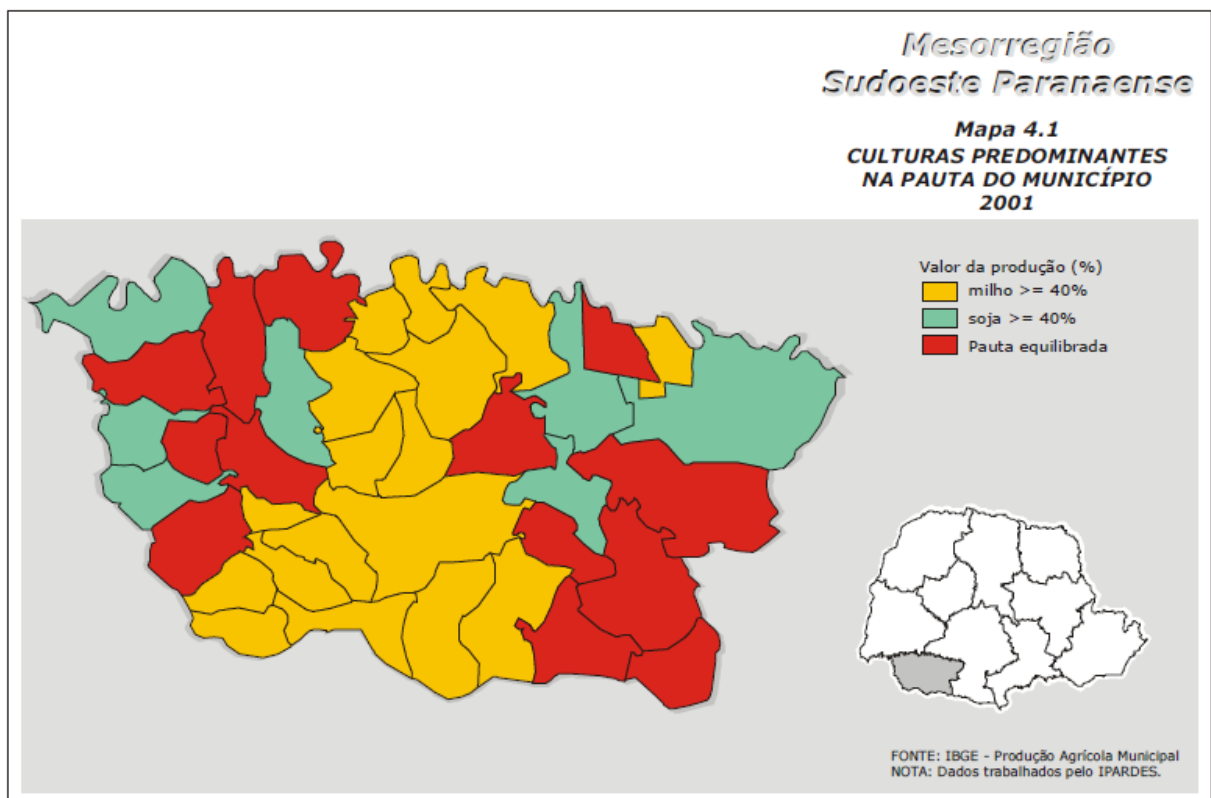


Figura 4: Culturas predominantes na pauta do município.

Fonte: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES), p. 136, 2004.

É neste sentido que entra a reutilização do efluente que sai do tratamento da fossa séptica biodigestora, passando este a ser denominado biofertilizante. Este pode ser empregado

para suprir a necessidade requerida por diversos tipos de plantas, por ser rico em nutrientes, tais como cálcio, magnésio, fósforo, enxofre, potássio e principalmente nitrogênio. Alguns casos demonstraram os benefícios do emprego deste artifício para melhorar a produção vegetal, principalmente em pequenas propriedades rurais, o que potencialmente diminui a necessidade da utilização de adubação química sintética, minimizando o gasto do agricultor na compra de insumos (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2010).

Em se tratando de produção vegetal e das culturas utilizadas, a figura 4 revela as espécies predominantes por cidade na região sudoeste do Paraná.

Como um dos objetivos do trabalho é verificar o potencial de utilização do efluente tratado na agricultura utilizando as culturas do milho e da soja, os itens a seguir mostrarão a importância da adubação para o bom desenvolvimento e produtividade das plantas e uma análise sobre as culturas utilizadas.

3.5.1 – ADUBAÇÃO

Para iniciar uma abordagem sobre adubação em plantas, deve-se entender como funciona o sistema solo-planta. As plantas, assim como todos os seres vivos, necessitam de alimento para sobreviver e realizar suas funções (crescimento, reprodução). Estes alimentos, em se tratando de plantas, estão dispostos nas frações mineral e orgânica do solo, são os chamados macros (Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio e Enxofre) e micronutrientes (Boro, Cobalto, Cloro, Cobre, Ferro, Manganês, Molibdênio, Zinco e Níquel). Em condições naturais, todos os elementos retirados do solo pela planta retornam a ele quando da morte e decomposição da planta. Num sistema de cultura anual, onde se retira toda a parte aérea da planta, como no caso do milho e da soja, os elementos que retornariam ao solo quando da morte da planta, devem ser repostos através da adubação, para assim manter o equilíbrio e a fertilidade do solo (MALAVOLTA, 1989). Também, quando a necessidade de produção de uma cultura exigir certa quantidade de nutrientes e o solo em que se está produzindo não os contém suficientemente adequado para expressarem seu potencial de rendimento, também se deve suprir esta falta de nutrientes através da adubação. Sendo assim, a adubação funciona para resolver um problema de aritmética básico (MALAVOLTA, 1987):

$$\text{Adubação} = \text{Exigência da Planta} - \text{Fornecimento do Solo}$$

3.5.2 – SOJA

A Soja é uma das mais importantes culturas agrícolas produzidas em todo o mundo, pois o grão é componente essencial na fabricação de rações animais e seu uso na alimentação humana encontra-se em franco crescimento por apresentar altos teores de óleo e proteína, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial, ficando atrás dos Estados Unidos, e tendo o Estado do Paraná como segundo maior produtor a nível nacional, ficando atrás apenas do Mato Grosso (SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO / DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL, 2013). Ela é uma planta pertencente a família *Fabaceae (leguminosae)* que tem sua origem e domesticação na China. É classificada como uma planta anual, herbácea, ereta, autógama, que possui grande diversidade genética e morfológica em razão do elevado número de cultivares existentes e das influências sofridas pelo meio ambiente, tais como luz, umidade, temperatura, entre outros. Seu desenvolvimento completo leva de 75 dias para as cultivares mais precoces e 200 dias para as mais tardias. Como toda planta, requer nutrientes para seu desenvolvimento, sendo o mais requerido o nitrogênio (N), o qual é disponibilizado através da matéria orgânica, dos fertilizantes nitrogenados ou da fixação biológica, sendo esta a principal fonte, onde micro-organismos procariontes denominados de diazotróficos (alguns gêneros de bactérias, cianobactérias e actinomicetos) associam-se a planta e formam simbiose, coletando o nitrogênio atmosférico (N_2) e disponibilizando-o à planta na forma de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-). A bactéria que mais fixa biologicamente o nitrogênio para a cultura da soja são as da família *Rhizobiaceae*, do gênero *Bradyrhizobium*, especificamente *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*. (SEDIYAMA, 2009).

3.5.3 – MILHO

O Milho é uma cultura plantada em todo o território brasileiro e ocupa a maior área cultivada em todo o país. Destaca-se entre os grãos como um dos produtos de maior volume produzido, juntamente à soja, porém é o principal insumo utilizado na confecção de rações animais (GALVÃO; MIRANDA, 2012). O Brasil é o terceiro maior produtor de milho do mundo, totalizando 53,2 milhões de toneladas na safra 2009/2010. Este cereal, além de ser utilizado como insumo para rações animais, pode ser transformado em óleo, farinha, amido, margarina, xarope de glicose e flocos para cereais matinais (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2013). O Estado do Paraná, ao longo

de muitos anos, vem liderando a produção deste grão. Em 2011, apresentou um rendimento de 5.217 kg/ha, representando 22,42 % da produção nacional, média da primeira e segunda safra (SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO / DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL, 2013). O milho (*Zea mays* L.) é uma planta pertencente a família Gramineae/Poaceae. Seu caráter monoico e a sua morfologia são características resultantes da supressão, condensação e multiplicação de várias partes da anatomia básica das gramíneas e seus aspectos vegetativos e reprodutivos sofrem modificações de acordo com a interação da planta com fatores ambientais (luz, umidade, temperatura, entre outros.) (MAGALHÃES et. al., 2003). A parte aérea da planta pode atingir cerca de 2 metros de altura e seu desenvolvimento completo leva de aproximadamente 3 meses (para cultivo em zonas temperadas com verão curto e dias longos) a até 10 meses ou mais (para cultivo em regiões equatoriais úmidas) dependendo da cultivar que se utiliza e de condições ambientais a que se está exposto (CAVALCANTI, 1987). Também é uma planta que requer alguns nutrientes para seu desenvolvimento, tais como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) entre outros, sendo o mais importante e exigido em maior quantidade o nitrogênio, o qual é disponibilizado principalmente, diferentemente do soja, através da matéria orgânica e dos fertilizantes nitrogenados, estes aplicados na época do plantio e também por cobertura após determinados estádios de crescimento da planta (GALVÃO; MIRANDA, 2012).

3.6 - LEGISLAÇÕES VIGENTES

Na sequência são categorizadas as leis e as normas que trazem fundamentação legal para o projeto proposto.

A Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais do saneamento básico e para a política federal do saneamento básico, trata no seu artigo 45 e em seu inciso 1º, que na ausência de redes públicas de saneamento básico, serão admitidas soluções individuais de abastecimento de água e de afastamento e destinação final dos esgotos sanitários, observadas as normas editadas pela entidade reguladora e pelos órgãos responsáveis pelas políticas ambiental, sanitária e de recursos hídricos (BRASIL, 2007).

As resoluções do CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 e nº 430 de 13 de maio de 2011, dispõem, respectivamente, sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelecem as condições e padrões de lançamento de efluentes (CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE¹, 2005; CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE², 2011).

A Resolução CONAMA nº 274 de 29 de novembro de 2000, que revisa os critérios de balneabilidade em águas brasileiras (CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE³, 2000).

A Resolução CONAMA nº 375 de 29 de agosto de 2006 e nº 380 de 31 de outubro de 2006 que define critérios e procedimentos, para o uso de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. (CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE⁴, 2006; CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE⁵, 2006).

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos traz em sua seção três, artigo 1, terceiro item, que estão sujeitos a outorga pelo Poder Público o direito do uso de recursos hídricos para lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final. Já as NBR's 7229/93 e 13969/97 trazem, respectivamente, as instruções quanto ao projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, e a disposição dos tanques sépticos como unidades de tratamento complementar e sobre a disposição final dos efluentes líquidos – trazendo aspectos do projeto, construção e operação. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS¹, 1993; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS², 1997).

4 – MATERIAL E MÉTODOS

4.1 – LOCALIZAÇÃO DA PROPRIEDADE E TRATAMENTO DO ESGOTO GERADO

O estudo foi desenvolvido em uma propriedade localizada na Linha Bela Vista do Encantilado (Lat. 26° 6'55.83"S; Long. 53°16'12.15"O; Alt. 846 m), interior do município de Manfrinópolis, sudoeste do estado do Paraná.

O objeto de estudo em questão foi o esgoto doméstico gerado por uma casa desta propriedade. A residência é utilizada por dois moradores fixos e cinco moradores flutuantes e conta com área de 260 m². A Figura 5 apresenta um esquema dos resíduos líquidos gerados nesta residência e o modelo de acoplamento à fossa séptica biodigestora.

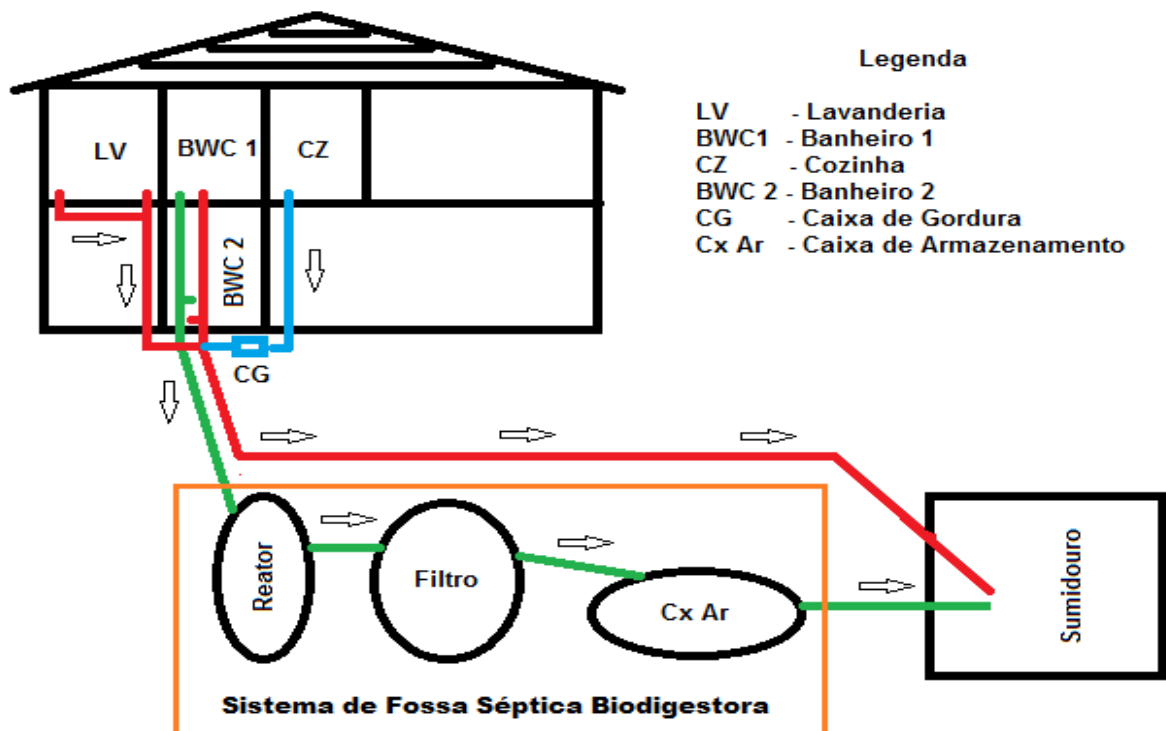


Figura 5: Sistema de distribuição dos resíduos líquidos da residência com fossa séptica biodigestora.
Fonte: AUTORES, 2014.

Conforme observado na figura, existem três separações da rede de esgoto da casa, sendo essas distribuídas nas seguintes cores de tubulação:

➤ Tubulação de cor vermelha: representa o esgoto que não sofre tratamento nenhum, sendo apenas descartado no sumidouro. Fazem parte desta rede os efluentes gerados nos cômodos: lavanderia (LV); banheiro 1 (BWC 1) e banheiro 2 (BWC 2).

➤ Tubulação de cor Azul: representa o esgoto que passa pela caixa de gordura como tratamento, sendo depois, conectada na tubulação vermelha e descartado no sumidouro. Fazem parte desta rede os efluentes gerados na cozinha (CZ).

➤ Tubulação de cor verde: representa o esgoto que passa pelo sistema de tratamento por fossa séptica biodigestora (FSB), a qual é composta por reator anaeróbio; filtro anaeróbio e caixa de armazenamento (Cx Ar). Fazem parte desta rede o esgoto gerado nos cômodos: banheiro 1 (BWC 1), especificamente o vaso sanitário e banheiro 2 (BWC 2), especificamente o vaso sanitário e o mictório. O esgoto desta rede, após tratamento, também são descartados no sumidouro.

A estimativa da quantidade de esgoto gerado pela residência está representada na Tabela 1 e no Gráfico 1.

Tabela 1 – Quantidade de Esgoto Gerado na Propriedade por Ambiente.

Quantidade de Efluente Gerado na Propriedade			
Descrição	L dia⁻¹	L mês⁻¹	%
Lavanderia	9	270	2,74
Máquina de Lavar	8	240	2,44
Tanque	1	30	0,30
Banheiro 1	183	5490	55,79
Pia	10	300	3,05
Chuveiro	110	3300	33,54
Vaso Sanitário	63	1890	19,21
Banheiro 2	26	780	7,93
Pia	5	150	1,52
Vaso Sanitário	18	540	5,49
Mictório	3	90	0,91
Cozinha	90	2700	27,44
Pia	90	2700	27,44
Outros	20	600	6,10
TOTAL	328	9840	100,00

Fonte: AUTORES, 2014.

A tabela 1 descreve a quantidade de esgoto gerada na propriedade segregada por ambiente. Sendo assim, a quantidade total de esgoto produzida gira em torno de 328 litros diários, resultando em 9.840 litros mensais. Desta quantidade, 2,74% são gerados no ambiente “lavanderia”, 27,44 são gerados no ambiente “cozinha” e 63,72% são gerados nos banheiros 1 e 2, representando a maior porcentagem de esgoto gerado na propriedade.

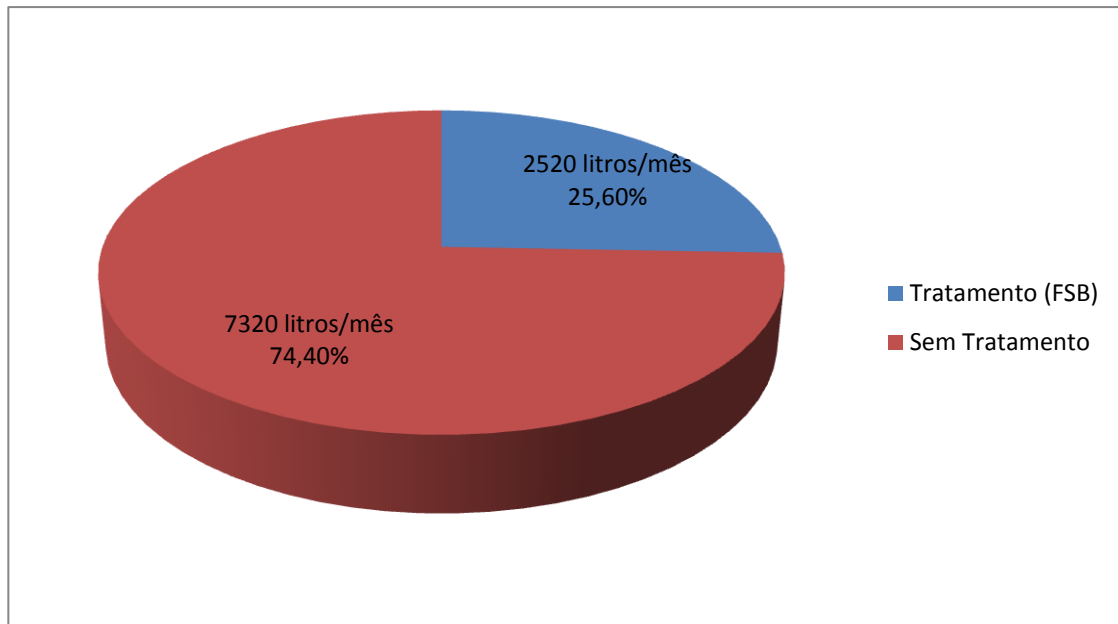


Gráfico 1: Quantidade de Esgoto Gerado na Propriedade segregado por Tratamento
Fonte: AUTORES, 2014.

O Gráfico 1 classifica a quantidade de esgoto que é tratado pela FSB e a quantidade de esgoto que não passa pelo tratamento. Neste sentido, 2.520 L mensais de esgoto são tratados pelo sistema FSB, o qual possui um volume total de retenção de aproximadamente 2.700 L. Sendo assim, o tempo de retenção do efluente (TDH) no tratamento é de aproximadamente 32 dias, o que está dentro dos padrões necessários exigidos pelo fabricante (FORTLEV). As partes que compõem o sistema de tratamento podem ser observadas na Figura 6.



Figura 6: Sistema de tratamento existente na propriedade.
Fonte: adaptado de FORTLEV, 2013.

A Figura 7 mostra como fica o esgoto bruto no reator anaeróbio e o esgoto tratado na caixa de armazenamento, dentro do sistema de tratamento por fossa séptica biodigestora.



Figura 7: Esgoto bruto e tratado no sistema de tratamento por fossa séptica biodigestora
Fonte: AUTORES, 2014.

4.2 – ANÁLISES DO ESGOTO BRUTO E TRATADO

Do esgoto bruto e tratado foram feitas as seguintes análises: demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5); demanda química de oxigênio (DQO); sólidos totais e sedimentáveis; turbidez; nitrogênio amoniacal; nitrato; fósforo; potássio, cálcio e magnésio totais; coliformes totais, termotolerantes e contagem de bactérias heterotróficas.

Anteriormente à coleta das amostras, foi realizada a inoculação do esterco bovino na proporção de 10 litros de esterco com 10 litros de água. As amostras foram assim divididas: Amostra A – coletada uma semana após a inoculação do esterco bovino (dia 25/11/2013); Amostra B – coletada duas semanas após a inoculação do esterco bovino (dia 02/12/2013); Amostra C – coletada três semanas após a inoculação do esterco bovino (dia 09/12/2013); Foram realizadas as análises na primeira caixa (reator anaeróbio), que representa o esgoto bruto e na última caixa (caixa de armazenamento), que representa o esgoto tratado.

Todas as análises físico-químicas e microbiológicas do esgoto foram feitas em triplicata no Laboratório de Águas e Alimentos (LAQUA) da UTFPR - Câmpus de Pato Branco. As metodologias de análise aplicadas pelo LAQUA estão descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

4.3 – ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para verificar as diferenças estatísticas observadas dos parâmetros analisados no esgoto foi utilizado o teste “t” de Student para dados pareados (LEVINE et al, 2012; FONSECA; MARTINS, 2009). Este teste analisa o mesmo universo amostral antes e depois de um determinado evento, no caso do presente trabalho, antes e depois do tratamento do efluente. O nível de significância adotado foi de $\alpha = 0,05$, ou seja, 95% de confiança se a diferença observada rejeita ou aceita a hipótese estabelecida. Para esta verificação, primeiramente, é definido o grau de liberdade (GL) das amostras como:

$$GL = n - 1$$

Equação (1)

Onde:

GL é o grau de liberdade.

n é o número de amostras.

Com a diferença das amostras antes e depois de passarem pelo tratamento é necessário calcular a média das diferenças, sendo esta definida como:

$$X \text{ média} = \frac{\sum X}{n}$$

Equação (2)

Onde:

X é média é a média das diferenças.

X é a diferença entre o efluente bruto e tratado para cada variável.

n é o número de amostras.

O próximo procedimento é calcular a variância (S^2):

$$S^2 = \frac{\sum x^2 - X\text{média}^2}{n - 1}$$

Equação (3)

Onde:

S^2 é a variância.

X é a diferença entre o efluente bruto e tratado para cada variável.

X média é a média das diferenças.

n é o número de amostras.

A seguir é calculada a variável “t”, a qual possui valores tabelados e que deverão ser comparados a fim de possibilitar a análise das hipóteses. Para o “t” tabelado (ANEXO A), é necessário o conhecimento do grau de liberdade e do nível de confiança dos dados. Desta forma:

$$t = \frac{X \text{ média}}{\sqrt{\frac{S^2}{n}}}$$

Equação (4)

Onde:

t é o valor para a distribuição calculado

S^2 é a variância;

X média é a média das diferenças;

n é o número de amostras.

Assim é possível conhecer com 95% de confiança se o tratamento foi significativo ou se a diferença observada se deu ao acaso.

4.4 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO

Para o cálculo da eficiência de remoção (ϵ) foi calculada a média das três análises para cada parâmetro, tanto para os dados do esgoto bruto (BRUTO) quanto para o esgoto tratado (TRATADO), conforme pode ser visto pela equação 5:

$$\epsilon (\%) = \frac{(\text{BRUTO} - \text{TRATADO})}{\text{BRUTO}} * 100$$

Equação (5)

Onde:

ϵ é a eficiência de remoção (%).

BRUTO é a média dos valores do parâmetro em análise antes do tratamento.

TRATADO é a média dos valores do parâmetro em análise depois do tratamento.

Assim pode-se conhecer a ϵ da fossa séptica biodigestora, em porcentagem, para cada parâmetro analisado.

4.5 – METODOLOGIA PARA ADUBAÇÃO COM ESGOTO TRATADO

Com os resultados das concentrações dos nutrientes existentes no esgoto tratado (biofertilizante), realizou-se cálculos para complementação da adubação de um solo utilizado como referência. Para uma adubação correta, deve-se partir de uma análise do solo onde se pretende cultivar a planta em questão. Tal análise mostra quais são as condições químicas do solo, tais como o pH, a quantidade de micro e macronutrientes disponíveis para as plantas, teor de matéria orgânica, entre outros. Sendo assim, para este trabalho, utilizou-se como base alguns parâmetros químicos de um Latossolo Vermelho localizado próximo ao município de Cascavel – PR, conforme Tabela 2 (MELO et. al, 2007). Optou-se por esta classe de solo devido sua predominância na região do estudo. Utilizando-se destes dados, calculou-se as quantidades necessárias de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) para as culturas anuais da soja e do milho, que são culturas agrícolas bastante cultivadas no estado do Paraná. O tipo de planta utilizada também deve ser considerada para fins de adubação do solo.

Tabela 2 – Parâmetros químicos de um Latossolo Vermelho – PR.

pH (água)	CTC ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	M.O. (%)	Argila (%)	P ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e (mg dm^{-3})	K ⁺ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e (mg dm^{-3})	Ca ²⁺ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e (mg dm^{-3})	Mg ²⁺ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e (mg dm^{-3})
5,50	7,2	3,7	53	13,80 855,60	0,38 148,58	9,88 1.979,95	2,24 272,29

pH (água) = potencial hidrogeniônico em água; CTC = capacidade efetiva de troca de cátions; M.O. = matéria orgânica do solo; P = Fósforo; K⁺ = Potássio; Ca²⁺ = Cálcio; Mg²⁺ = Magnésio

Fonte: Adaptado de MELO et. al, 2007

As concentrações necessárias de N, P e K para cada tipo de cultura foram extrapoladas para a unidade de m³ por hectare (m³ ha⁻¹) para o esgoto e quilograma por

hectare (Kg ha^{-1}) para o fertilizante comercial proposto. Neste trabalho, optou-se pelos adubos comerciais mais utilizados para reposição de N, P e K no solo, sendo esses: uréia, superfosfato triplo (SFT) e cloreto de potássio, respectivamente.

Como critério de adubação, foi utilizado um manual de calagem e de adubação específico para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004). Optou-se por esse manual pelos seguintes motivos: sua maior praticidade em relação à outros métodos de adubação utilizados; maior proximidade das características pedogenéticas dos solos da região Oeste e Sudoeste do Paraná com os solos da região Oeste de Santa Catarina, além do fato de que o estado do Paraná ainda não possui manual próprio.

Neste sentido, foi possível obter uma estimativa de possíveis porcentagens de combinação entre a quantidade de adubo comercial utilizado e o volume de esgoto tratado oriundo da fossa séptica biodigestora analisada. As doses desta combinação deverão variar nas porcentagens 50:50; 60:40; 70:30; 80:20 e 90:10 de adubo e esgoto tratado, respectivamente.

A seguir, apresentam-se os cálculos de adubação, com relação aos macronutrientes (N, P, K) para as culturas de milho e soja.

4.5.1 - ADUBAÇÃO PARA O MILHO

4.5.1.1 – ADUBAÇÃO NITROGENADA

Sabendo as concentrações de nitrato (NO_3^-) e de amônia (NH_3) no esgoto tratado e, sabendo que existem 22,58% de nitrogênio na forma de nitrato (N-NO_3^-) e 82,35% na forma de nitrogênio amoniacal (N-NH_3), foi possível determinar a quantidade de nitrogênio necessária à cultura do milho. Esta é determinada com relação ao teor de matéria orgânica disponível no solo, determinada pela análise de solo, e a cultura antecedente que foi cultivada, conforme ilustrada na tabela 3.

Com os dados de nitrogênio disponíveis no esgoto tratado e os exigidos pela cultura proposta, fizeram-se os cálculos para determinar a quantidade de nitrogênio que deverá ser aplicado à cultura na forma de composto disponível comercialmente, neste caso, a uréia ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$).

Tabela 3 – Teores de Nitrogênio para Adubação Referente à Cultura do Milho.

Teor de M.O. no solo	Nitrogênio		
	Cultura antecedente		
	Leguminosa	Consortação ou pousio	Gramínea
%	Kg de N ha ⁻¹		
≤ 2,5	70	80	90
2,6 – 5,0	50	60	70
>5,0	30	≤ 40	≤ 50

Para a expectativa de rendimento maior do que 4 t ha⁻¹, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de N ha⁻¹, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Fonte: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004.

A quantidade de nitrogênio presente na uréia foi calculada com relação à sua forma molecular, ou seja, 46,67% de sua massa atômica estão na forma de nitrogênio. Por meio de uma regra de três determinou-se a quantidade deste composto necessário por hectare de solo.

Com a quantidade de nitrogênio total disponível no esgoto tratado, por regra de três simples determinou-se a quantidade de efluente a ser aplicado por hectare de solo para suprir a quantidade mínima de nitrogênio exigida para uma produtividade satisfatória de grãos.

4.5.1.2 – ADUBAÇÃO FOSFATADA

Com os resultados da análise do efluente tratado, conseguiu-se determinar a quantidade de fósforo, na forma de fósforo total (P), que está disponível no esgoto tratado para ser absorvido pela cultura.

Pelo Manual de Calagem e de Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina deve-se saber a quantidade de fósforo disponível no solo e o teor de argila, conforme análise de solo. Na tabela 4 mostra-se a interpretação de escala do teor de fósforo.

Tabela 4 - Interpretação do Teor de Fósforo no Solo Conforme o Teor de Argila e para Solos Alagados.

Interpretação	Classe de solo conforme o teor de argila ⁽¹⁾				Solos alagados
	1	2	3	4	
	mg dm ⁻³				
Muito baixo	≤ 2,0	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 7,0	---
Baixo	2,1 – 4,0	3,1 – 6,0	4,1 – 8,0	7,1 – 14,0	≤ 3,0
Médio	4,1 – 6,0	6,1 – 9,0	8,1 – 12,0	14,1 – 21,0	3,1 – 6,0
Alto	6,1 – 12,0	9,1 – 18,0	12,1 – 24,0	21,1 – 42,0	6,1 – 12,0
Muito Alto	> 12,0	> 18,0	> 24,0	> 42,0	> 12,0

⁽¹⁾Teores de argila: classe 1 = > 60%; classe 2 = 60 a 41%; classe 3 = 40 a 21 %; classe 4 = ≤ 20%.

Fonte: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DA SOLO, 2004.

A tabela 5 estabelece a quantidade de fósforo e potássio para ser adicionado ao solo conforme uma expectativa de produtividade satisfatória de grãos (4 t ha⁻¹). Esta apresenta a quantidade de fósforo, na forma de P₂O₅ ha⁻¹, necessária a se adubar o solo para cultivo de milho, levando em conta o tipo de cultivo (1° ou 2°) e o teor de fósforo já disponível no solo. Para cada tonelada de produção adicional, deve-se acrescentar 15 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Tabela 5 – Teores de Fósforo e Potássio para Adubação na Cultura do Milho.

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1°	2°	1°	2°
	Kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹		Kg de K ₂ O ha ⁻¹	
Muito Baixo	125	85	110	70
Baixo	85	65	70	50
Médio	75	45	60	30
Alto	45	45	30	30
Muito Alto	0	≤ 45	0	≤ 30

Para a expectativa de rendimento maior do que 4 t ha⁻¹, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 10 kg de K₂O ha⁻¹, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Fonte: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DA SOLO, 2004.

Tendo os dados de fósforo disponíveis no esgoto tratado e os exigidos pela cultura proposta, fizeram-se os cálculos para determinar a quantidade de fósforo que será aplicado à cultura na forma do composto disponível comercialmente e preferencialmente que seja o mais usual para a região. Para este caso, usou-se Superfosfato Triplo – SFT (Ca(H₂PO₄)₂H₂O).

Para o SFT, a quantidade de fósforo presente foi calculada com relação à sua forma molecular, ou seja, 41% de sua massa atômica está na forma de P₂O₅, sendo que destes, 43,7% estão disponíveis como elemento fósforo (P). Por meio de uma regra de três, determinou-se a quantidade de SFT por hectare necessário.

Com a quantidade de fósforo total disponível no esgoto tratado determinou-se a quantidade de efluente a ser aplicado por hectare de solo para suprir a quantidade mínima de fósforo exigida pela cultura para a produtividade estimada.

4.5.1.3 – ADUBAÇÃO POTÁSSICA

O mesmo procedimento efetuado para o cálculo de adubação fosfatada foi empregado para adubação com potássio (K).

Tabela 6- Interpretação do Teor de Potássio Conforme as Classes de CTC do Solo à pH 7,0.

Interpretação	CTC _{pH7,0} (cmol _c dm ⁻³)		
	> 15,0	5,1 – 15,0	≤ 5,0
	mg de K dm ⁻³		
Muito Baixo	≤ 30	≤ 20	≤ 15
Baixo	31 – 60	21 – 40	16 – 30
Médio	61 – 90	41 – 60	31 – 45
Alto	91 – 180	61 – 120	46 – 90
Muito Alto	> 180	> 120	> 90

Fonte: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004.

Pelo Manual de Calagem e de Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, deve-se saber a quantidade de potássio disponível no solo e a capacidade de troca catiônica (CTC), conforme análise de solo. Assim faz-se a interpretação de escala do teor de potássio conforme mostrado na tabela 6.

Conforme mostrado para o fósforo, a tabela 6 estabelece a quantidade de potássio, na forma de K₂O, a ser adicionado ao solo conforme uma expectativa de produtividade satisfatória de grãos (4 t ha⁻¹). Não obstante ao verificado para a adubação fosfatada, para a adubação potássica considerou-se o tipo de cultivo (1° ou 2°) e o teor de potássio já disponível no solo. Para cada tonelada de produção adicional, deve-se acrescentar 10 kg ha⁻¹ de potássio (Tabela 5).

Tendo os dados de potássio disponíveis no esgoto tratado e os exigidos pela cultura proposta, foram feitos os cálculos para determinar a quantidade de potássio que será aplicado à cultura na forma de composto disponível comercialmente e que preferencialmente seja o mais usual para a região. Para este caso, usou-se o Cloreto de Potássio (KCl).

Para o KCl, a quantidade de potássio presente foi calculada com relação à sua forma molecular, ou seja, 60% de sua massa atômica está na forma de K₂O, sendo que destes, 70,9% estão disponíveis como elemento potássio (K). Com isso, determinou-se a quantidade de KCl necessário por hectare. Da mesma forma, com o resultado da quantidade de potássio total disponível no efluente tratado, determinou-se o volume de efluente a ser aplicado por hectare de solo para suprir a quantidade mínima de potássio exigida pela cultura para a produtividade estimada.

4.5.2 – ADUBAÇÃO PARA A SOJA

4.5.2.1 – ADUBAÇÃO NITROGENADA

Devido à alta eficiência da simbiose realizada pelas bactérias da família das *Rhizobiaceae*, do gênero *Bradyrhizobium*, especificamente *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*, com relação às plantas da soja, a maior parte do nitrogênio exigido pela mesma é adquirido através desta fixação biológica e não requer adubação adicional (SEDIYAMA, 2009).

4.5.2.2 – ADUBAÇÃO FOSFATADA

Procedimento similar ao efetuado para o cálculo de adubação fosfatada para o milho é empregado para adubação do soja.

A tabela 7 estabelece a quantidade de fósforo e potássio a serem adicionados ao solo conforme uma expectativa de produtividade satisfatória de grãos (2 t ha⁻¹). Esta apresenta a quantidade de fósforo, na forma de P₂O₅ ha⁻¹, necessária para se adubar o solo levando-se em conta o tipo de cultivo (1° ou 2°) e o teor de fósforo já disponível no solo. Para cada tonelada de produção adicional, deve-se acrescentar 15 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Tabela 7 – Teores de Fósforo e Potássio para Adubação na Cultura da Soja.

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1°	2°	1°	2°
	Kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹		Kg de K ₂ O ha ⁻¹	
Muito Baixo	110	70	125	85
Baixo	70	50	85	65
Médio	60	30	75	45
Alto	30	30	45	45
Muito Alto	0	≤ 30	0	≤ 45

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t ha⁻¹, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 25 kg de K₂O ha⁻¹, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Fonte: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DA SOLO, 2004.

Tendo os dados de fósforo disponíveis para esgoto tratado e os exigidos pela cultura proposta, fizeram-se os cálculos para determinar a quantidade de fósforo que será aplicado à cultura na forma do composto disponível comercialmente e preferencialmente que seja o mais usual para a região. Neste caso, também será utilizado o SFT.

A quantidade de esgoto a ser aplicado por hectare de solo para suprir a quantidade mínima de fósforo exigida pela soja para a produtividade estimada, bem como as possíveis porcentagens de complemento de fósforo na forma de SFT, terá procedimento semelhante ao proposto para a cultura do milho.

4.5.2.3 – ADUBAÇÃO POTÁSSICA

O mesmo procedimento efetuado para o cálculo de adubação fosfatada foi empregado para adubação com potássio (K).

A adubação potássica segue os mesmos parâmetros utilizados para a adubação fosfatada para soja (Tabela 7). Essa também deverá atender uma produtividade satisfatória de grãos (2 t ha^{-1}). Para cada tonelada de produção adicional, deve-se acrescentar 25 kg ha^{-1} de potássio.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, NUTRICIONAIS E MICROBIOLÓGICOS DO ESGOTO ANALISADO

As Tabelas 8, 9 e 10, apresentam, respectivamente, os valores referentes à análise do esgoto oriundo da fossa séptica biodigestora (bruto e tratado).

Tabela 8 – Resultado da Análise: Amostra A

Parâmetros	Esgoto Bruto	Esgoto Tratado
DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	5.699,0	223,0
DBO ₅ (mg O ₂ L ⁻¹)	3.320,0	158,0
Amônia (mg NH ₃ L ⁻¹)	102,5	12,5
Nitrato (mg NO ₃ L ⁻¹)	8,9	3,5
Sólidos totais (mg L ⁻¹)	5.736,0	989,0
S.S (mg L ⁻¹)	3,0	<0,5
Fósforo (mg P L ⁻¹)	64,0	12,6
Turbidez (UNT)	120,0	40,9
Potássio (mg K L ⁻¹)	38,0	11,8
Cálcio (mg Ca L ⁻¹)	87,0	6,0
Magnésio (mg Mg L ⁻¹)	10,96	2,67
C.T. (NMP 100mL ⁻¹)	>5.948,0	>5.948,0
C.T.T.(NMP 100mL ⁻¹)	>5.948,0	>5.948,0
C.B.H. (UFC mL ⁻¹)	8,7x10 ⁶	3,4x10 ⁴

DQO – Demanda Química de Oxigênio; DBO₅ – Demanda Bioquímica de Oxigênio; S.S. – Sólidos Sedimentáveis; C.T. – Coliformes Totais; C.T.T. – Coliformes Termotolerante; C.B.H – Contagem Bactérias Heterotróficas.

Fonte: AUTORES, 2014

Tabela 9 – Resultado da Análise: Amostra B

(continua)

Parâmetros	Esgoto Bruto	Esgoto Tratado
DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	6.924,0	256,0
DBO ₅ (mg O ₂ L ⁻¹)	3.132,0	143,0
Amônia (mg NH ₃ L ⁻¹)	92,5	9,8
Nitrato (mg NO ₃ L ⁻¹)	7,91	1,9
Sólidos totais (mg L ⁻¹)	4.834,0	934,0
S.S (mg L ⁻¹)	1,5	<0,5
Fósforo (mg P L ⁻¹)	56,0	12,6
Turbidez (UNT)	117,0	38,6
Potássio (mg K L ⁻¹)	32,0	9,8
Cálcio (mg Ca L ⁻¹)	96,0	5,8
Magnésio (mg Mg L ⁻¹)	12,15	2,98
C.T. (NMP 100mL ⁻¹)	>5.948,0	>5.948,0
C.T.T.(NMP 100mL ⁻¹)	>5.948,0	>5.948,0

Tabela 9 – Resultado da Análise: Amostra B

(conclusão)

Parâmetros	Esgoto Bruto	Esgoto Tratado
C.B.H. (UFC mL ⁻¹)	9,9x10 ⁶	9,4x10 ³

DQO – Demanda Química de Oxigênio; DBO₅ – Demanda Bioquímica de Oxigênio; S.S. – Sólidos Sedimentáveis; C.T. – Coliformes Totais; C.T.T. – Coliformes Termotolerante; C.B.H – Contagem Bactérias Heterotróficas.
Fonte: AUTORES, 2014

Tabela 10 – Resultado da Análise: Amostra C

Parâmetros	Esgoto Bruto	Esgoto Tratado
DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	6.133,0	198,0
DBO ₅ (mg O ₂ L ⁻¹)	3.090,0	144,0
Amônia (mg NH ₃ L ⁻¹)	90,8	10,6
Nitrato (mg NO ₃ L ⁻¹)	6,98	3,1
Sólidos totais (mg L ⁻¹)	4.044,0	869,0
S.S (mg L ⁻¹)	2,4	<0,5
Fósforo (mg P L ⁻¹)	78,0	9,9
Turbidez (UNT)	135,0	38,8
Potássio (mg K L ⁻¹)	35,0	10,8c
Cálcio (mg Ca L ⁻¹)	94,0	6,6
Magnésio (mg Mg L ⁻¹)	11,55	2,21
C.T. (NMP 100mL ⁻¹)	>5.948,0	>5.948,0
C.T.T.(NMP 100mL ⁻¹)	>5.948,0	>5.948,0
C.B.H. (UFC mL ⁻¹)	1,3x10 ⁷	9,6x10 ³

DQO – Demanda Química de Oxigênio; DBO₅ – Demanda Bioquímica de Oxigênio; S.S. – Sólidos Sedimentáveis; C.T. – Coliformes Totais; C.T.T. – Coliformes Termotolerante; C.B.H – Contagem Bactérias Heterotróficas.
Fonte: AUTORES, 2014

Os valores médios de DQO e de DBO₅ foram, respectivamente, de 6.252 mg L⁻¹ e 3.180,8 mg L⁻¹ para o esgoto bruto (Tabelas 8, 9 e 10). Os valores característicos destes parâmetros para esgotos sanitários situam-se numa faixa que pode variar de 450 a 800 mg L⁻¹ para DQO e de 250 a 400 mg L⁻¹ para DBO₅ (SPERLING, 2005). Porém, estes valores podem mudar de acordo com alguns fatores, tais como: o consumo de água, a concentração do esgoto e a presença de despejos industriais, os quais podem resultar em valores acima dos considerados típicos. Na caracterização de esgotos sanitários provenientes de tanques sépticos da cidade de Natal – RN, foram encontrados valores de DQO e DBO₅ entre 2.400-16.000 mg L⁻¹ e 1.020 a 4.800 mg L⁻¹, respectivamente (MENESES et al, 2001).

Como a vazão média do esgoto que passa pelo tratamento é de aproximadamente 2.520L por mês, obtêm-se na primeira caixa, que é o reator anaeróbio, um efluente proveniente basicamente das excretas humanas e que possui pouca água em sua composição se comparado aos esgotos domésticos que se destinam as ETE's convencionais, que ainda comportam água proveniente da chuva, e alguns efluentes industriais. Nessa primeira caixa foram retiradas as amostras do esgoto bruto. Assim, os valores encontrados na análise do

efluente bruto para DQO e DBO₅, apesar de serem significativamente altos em comparação aos valores típicos, estão dentro da normalidade devido ao fato de apresentarem concentração elevada.

A relação DQO / DBO₅ média para o esgoto bruto foi de 1,97. Segundo Sperling (2005), valores menores que 2,5 para esta relação sugerem que o tratamento terá uma boa degradabilidade biológica.

Para os sólidos totais, o valor médio observado no esgoto bruto foi de 4.871,3 mg L⁻¹ (Tabelas 8, 9 e 10). Os valores característicos dos sólidos totais para esgotos sanitários situam-se numa faixa de 700 a 1.350 mg L⁻¹. Porém, assim como discutido para a DQO e a DBO₅, estes valores podem sofrer variação, podendo exceder os valores típicos (SPERLING, 2005). Assim como referenciado para os parâmetros DQO, DBO₅ e sólidos totais, Meneses et al. (2001), ao caracterizarem amostras de esgotos sanitários provenientes de tanques sépticos da cidade de Natal – RN, encontraram valores de sólidos totais que variavam de 2.280 a 39.238 mg L⁻¹. Semelhantemente ao explicado para DQO e a DBO₅, a alta concentração do esgoto bruto amostrado, pode ter contribuído para os valores elevados de sólidos totais.

Na Tabela 11 estão representadas pesquisas nacionais que apresentam dados de caracterização de efluentes e lodos de fossa ou tanques sépticos que recebem esgoto doméstico, para os parâmetros físico-químicos.

Tabela 11 – Caracterização de Resíduos de Fossa/Tanque Séptico para os Parâmetros Físico-Químicos

Referência	DQO (mg L⁻¹)	DBO₅ (mg L⁻¹)	Sólidos Totais (mg L⁻¹)
Meneses et. al, (2001)	(2.400-16.000)	(1.020-4.800)	(2.280-39.238)
Cassini (2003)	(528-29.704)	2.808	(516-33.292)
Rocha e Sant'ana (2005)	(144-19.830)	(60-8.600)	(9-8.160)
Leite et al (2006)	(1.363-25.488)	(499-4.104)	(745-44.472)
Tachini, Belli Filho e Pinheiro (2006)	(474 –56.000)	(230 –47.200)	(655 – 162.660)
Belli Filho et al, (2007)	6.199	1.890	7.186

Fonte: Adaptado do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), (ANDREOLI et al., cap. 3. 2009).

Observa-se pela Tabela 11 que, apesar dos valores típicos serem significativamente menores, é comum na bibliografia nacional encontrar valores que extrapolam os padrões estabelecidos.

É possível verificar também a alta amplitude das faixas encontradas pelos autores, sendo essas variações próprias a esse tipo de resíduo, uma vez que são provenientes de

diferentes processos de tratamento, oriundo de diferentes estabelecimentos e são mantidos e operados de formas diferentes (ANDREOLI et al, 2009).

Os valores característicos do nitrogênio amoniacal (NH_3) e de nitrato (NO_3^-), situam-se numa faixa de 20-35 mg L^{-1} NH_3 e de 0-1 mg L^{-1} NO_3^- , respectivamente. Os valores típicos para o Fósforo (P) giram entorno de 4-15 mg L^{-1} P. Porém, como explicado anteriormente, esses valores podem variar (SPERLING, 2005).

Na Tabela 12 estão representadas pesquisas para as concentrações de nutrientes observadas nos esgotos e lodos de fossa ou tanques sépticos.

Tabela 12 - Caracterização de Resíduos de Fossa/Tanque Séptico dos Nutrientes.

Referência	Nitrogênio Amoniacal (mg L^{-1})	Fósforo Total (mg L^{-1})	Potássio (mg kg^{-1})	Cálcio (mg kg^{-1})	Magnésio (mg kg^{-1})
Meneses et al. (2001)	(38-149)	(6-67)	-	-	-
Cassini (2003)	(36-278)	(7-216)	-	-	-
Rocha e Sant'anna (2005)	(65-3.280)	(2-445)	-	-	-
Belli Filho et al. (2007)	58	90	-	-	-
FAE/SANE PAR	-	(4-133) (mg kg^{-1})	(1,5-60)	(14-290)	(3-64)

Fonte: Adaptado do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), (ANDREOLI et al, cap. 3, 2009).

Conforme a Tabela 12 existem estudos que relatam valores superiores aos encontrados para nutrientes em esgotos sanitários, devido principalmente à concentração do efluente analisado. Portanto, as observações realizadas anteriormente para as análises físico-químicas também são condizentes com as análises dos nutrientes.

Verificou-se uma boa remoção tanto de DQO, DBO_5 , sólidos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, quanto de nutrientes após o tratamento do esgoto por fossa séptica biodigestora. Esta remoção foi significativa com uma confiabilidade de 95%, conforme pode ser observado pelo teste “t” de Student na Tabela 13.

Tabela 13 – Demonstração dos Resultados da Distribuição “t” de Student.

Variável	Média das Diferenças	Variância	t _{tab.}	t _{calc.}	Hipótese aceita
DQO	6.026,33	361.472,30	2,920	17,361	H ₁
DBO ₅ dias	3.032,50	13.137,25	2,920	45,826	H ₁
Nitrogênio Amoniacal	84,300	25,930	2,920	28,674	H ₁
Nitrato	5,097	1,203	2,920	8,048	H ₁
Sólidos Totais	3.940,67	619.036,30	2,920	8,675	H ₁
Sólidos Sedimentáveis	1,800	0,570	2,920	4,129	H ₁
Fósforo	54,300	158,830	2,920	7,463	H ₁
Turbidez	84,567	101,623	2,920	14,530	H ₁
Potássio	24,200	4.000	2,920	20,958	H ₁
Cálcio	86,200	22,240	2,920	31,659	H ₁
Magnésio	8,970	0,366	2,920	25,667	H ₁
Coliformes totais a 35°C	-	-	-	-	-
Coliformes termotolerantes a 45°C	-	-	-	-	-
Bactérias Heterotróficas	1,1x10 ⁷	5,0x10 ¹²	2,920	8,171	H ₁

t_{tab.} = valor “t” tabelado; t_{calc.} = valor “t” calculado. Fonte: AUTORES, 2014

A Tabela 13 apresenta a média das diferenças entre o esgoto bruto e tratado analisado, a variância, o valor de “t” tabelado (t_{tab}) e “t” calculado (t_{calc}) e a hipótese de aceitação, onde H₁ indica que a diferença foi significativa.

No gráfico 2 e 3 estão discriminadas as eficiências de remoção, em porcentagem, dos parâmetros físico-químicos e dos nutrientes analisados.

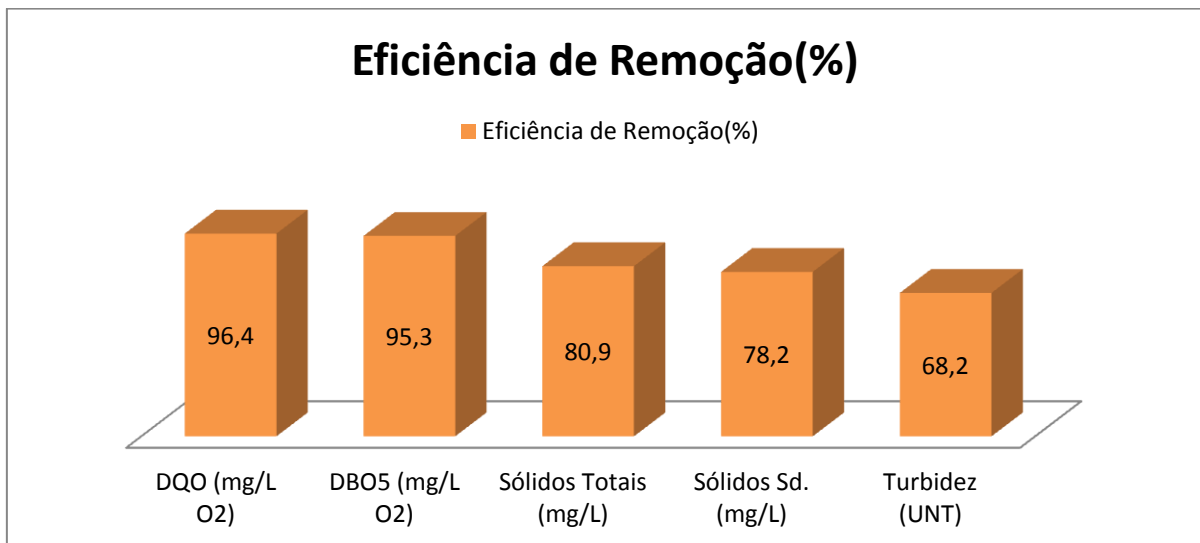


Gráfico 2 – Eficiência de Remoção dos parâmetros físico-químicos.
Fonte: AUTORES, 2014

Sendo assim, para todos os parâmetros físico-químicos (DQO, DBO₅, Sólidos Totais, Sólidos Sedimentáveis e Turbidez) e nutricionais (Nitrogênio Amoniacal, Nitrato, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio) analisados, o tratamento mostrou-se bastante eficiente. Os parâmetros que apresentaram maior redução foram: DQO, com 96,4%, DBO₅, com 95,3% e Cálcio, com 93,4%. Essas eficiências de remoção para a matéria orgânica deveram-se a grande biodegradabilidade do esgoto bruto e pela característica do tratamento, que combina operações biológicas e físicas.

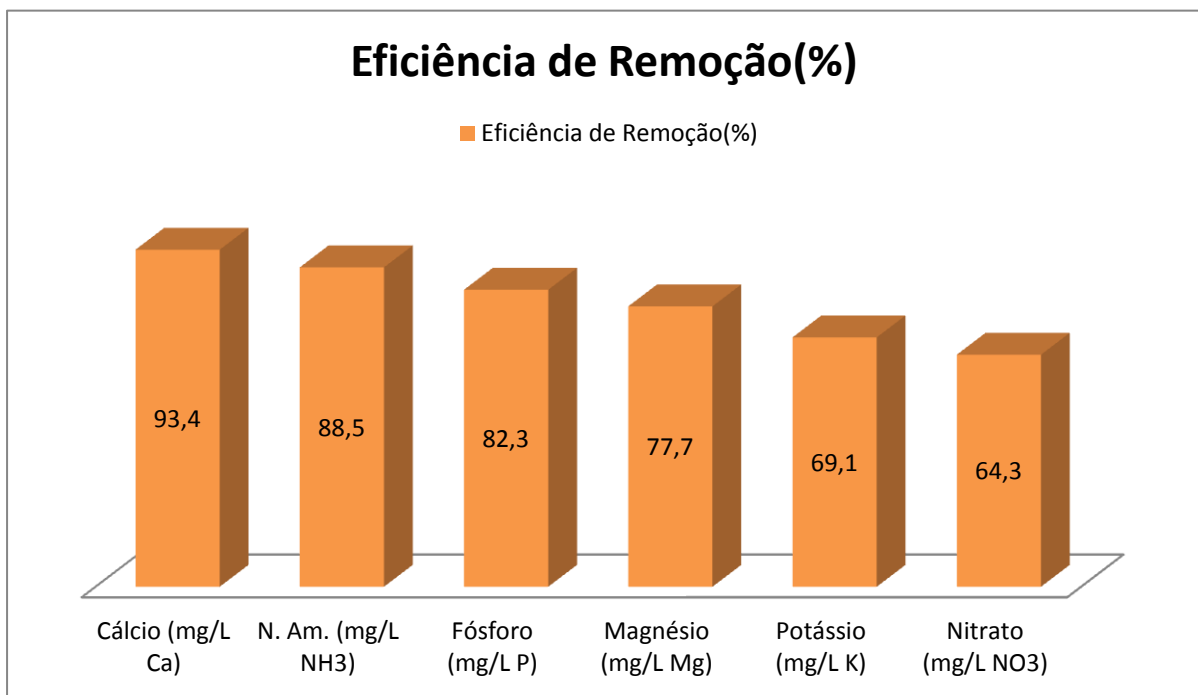


Gráfico 3 – Eficiência de Remoção dos Nutrientes.
Fonte: AUTORES, 2014

A DQO foi o parâmetro que mais sofreu remoção, com 96,4%, sendo seguido por DBO₅, sólidos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, com 95,3%, 80,9%, 78,2% e 68,2%, respectivamente. Já na remoção dos nutrientes (Gráfico 3), o parâmetro que apresentou maior redução foi o Cálcio, com 93,4%. Logo atrás vem o Nitrogênio Amoniacal, Fósforo, Magnésio, Potássio e Nitrato, com 88,5%, 82,3%, 77,7%, 69,1% e 64,3%, respectivamente.

Na Tabela 14 está descrita uma faixa média de eficiência de remoção de DBO₅ de esgoto doméstico de diferentes sistemas de tratamento. A eficiência de remoção de DBO₅ aumenta conforme a especificidade do tratamento, sendo que a eficiência é elevada com a utilização do filtro anaeróbio. O sistema de tratamento do esgoto por fossa séptica biodigestora foi composto pelo reator anaeróbio, filtro anaeróbio e o tanque séptico, resultando em uma eficiência de remoção de DBO₅ de 95,3%.

Tabela 14 – Eficiência de Remoção da DBO por Diferentes Tipos de Tratamento.

Tecnologia de Tratamento	Eficiência de Remoção (%)
Tanque séptico, câmara única	30 - 40
Tanque séptico, câmara em serie	40 - 50
Tanque séptico, câmara sobreposta	50 - 60
Filtro anaeróbio ⁽¹⁾	50 - 70

⁽¹⁾-Sempre precedido por qualquer tipo de tanque séptico.

Fonte: Adaptado do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), (JORDAO; VOLSCHAN, cap. 8. 2009).

A relação DQO / DBO₅ média para o esgoto tratado foi de 1,52. Geralmente esta relação tende a aumentar após o tratamento do esgoto, uma vez que a fração biodegradável é reduzida paulatinamente e a fração inerte permanece praticamente inalterada (SPERLING. 2005). Mas, no caso do presente estudo, esta relação diminuiu. Isto ocorreu porque a porcentagem de remoção de DQO foi praticamente igual a de DBO₅, com uma diferença de apenas 1,1% (Gráfico 2), o que mostra uma excelente biodegradabilidade do esgoto.

A eficiência de remoção dos nutrientes foi satisfatória, devido à utilização do N e P como substrato dos microrganismos na digestão da matéria orgânica e pelos processos físicos de sedimentação e filtração que acontecem no sistema de tratamento.

Para os resultados dos parâmetros microbiológicos, com relação aos parâmetros coliformes totais e termotolerantes, a análise não apresentou redução entre o esgoto bruto e o tratado, significando que não houve diferença significativa para o tratamento por FSB para o parâmetro analisado. Isso pode ser explicado pelo fato de o tratamento por FSB ter apresentado algum tipo de problema no seu funcionamento e assim não ter eliminado tais micro-organismos patogênicos, ou ocorrido algum tipo de equívoco de análise ou interpretação dos resultados pelo laboratório. Com relação ao parâmetro Contagem de Bactérias Heterotróficas (CBH), a análise mostrou redução entre o esgoto bruto e o tratado, sendo que houve uma diferença significativa, pela análise estatística efetuada. Segundo Leonel et al. (2013) o sistema de tratamento por FSB, utilizando cinco caixas de fibrocimento de 1000 L cada, foi bastante eficiente na remoção de coliformes termotolerantes, reduzindo a concentração de valores na ordem de 10⁵ UFC 100 mL⁻¹ para valores abaixo de 1,5 x 10⁴ UFC 100 mL⁻¹, indicando que o sistema é eficiente. Da mesma forma, Novaes et al. (2002) utilizando o tratamento por FSB com três caixas de fibrocimento, sendo duas de 1000 L e a última de 250 L, encontrou, no esgoto tratado, a quantia de 1.100 NMP 100 mL⁻¹ de coliformes totais em todas as análises realizadas, enquanto os coliformes termotolerantes apresentaram um valor de 3 NMP 100mL⁻¹ nos dois primeiros meses e ausente nos subsequentes, comprovando que o sistema é eficiente na remoção destes agentes patogênicos

para o tratamento de esgoto. Em outro trabalho, Silva (2013) apresentou dados de redução de coliformes totais na ordem de 10^5 - 10^7 UFC 100 mL⁻¹ para a ordem de 10^3 - 10^4 UFC 100 mL⁻¹, chegando a uma eficiência de tratamento de 90%, e para os coliformes termotolerantes, apresentou redução da ordem de 10^5 - 10^6 UFC 100 mL⁻¹ para a ordem de 10^1 - 10^4 UFC 100 mL⁻¹, chegando a uma eficiência de tratamento de 95%.

5.2 – CÁLCULO DE ADUBAÇÃO COM ESGOTO TRATADO

Com base nos parâmetros químicos do solo apresentado na tabela 2 foram obtidas as relações entre o volume de esgoto tratado e a quantidade de adubo comercial que devem ser dosados para as culturas do milho e da soja, conforme pode ser verificado nos itens a seguir.

5.2.1 – ADUBAÇÃO PARA O MILHO

5.2.1.1 – ADUBAÇÃO NITROGENADA

Na tabela 15 estão apresentados os valores das concentrações de nitrogênio nas formas de nitrato (N-NO₃⁻) e de amônia (N-NH₃) presentes no esgoto tratado, além da somatória dos dois.

Tabela 15 - Concentrações das Formas de Nitrogênio Presentes no Esgoto Tratado.

Amostras	NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	NH ₃ (mg L ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	N-NH ₃ (mg L ⁻¹)	Σ[N-NO ₃ ⁻ + N-NH ₃] (mg L ⁻¹)
1	3,5	12,8	0,79	10,54	11,33
2	1,9	9,8	0,43	8,07	8,50
3	3,1	10,6	0,70	8,73	9,43
Média	2,83	11,07	0,64	9,11	9,75

Fonte: AUTORES, 2014

Com o somatório das duas formas de nitrogênio no esgoto tratado (Σ N-NO₃⁻ + N-NH₃), chegou-se ao valor médio de 9,75 mg N L⁻¹. Isto corresponde $9,75 \times 10^{-3}$ kg de nitrogênio disponível por metro cúbico de esgoto.

Com o teor de matéria orgânica do solo utilizado como referência (Tabela 2), e levando-se em conta que a espécie de planta anteriormente cultivada à do milho seja uma leguminosa, a quantidade de nitrogênio necessária à cultura, para uma produção estimada de 4

t ha⁻¹ de grãos, é de 50 kg N ha⁻¹ (Tabela 3). Então, segundo o Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, para uma produção estimada de 10 t ha⁻¹, deve-se acrescentar 15 kg N ha⁻¹ por tonelada adicional de grãos produzidos, ou seja, uma quantidade de 140 kg N ha⁻¹. Sabendo que a uréia possui 46,67% de nitrogênio, a quantidade de uréia aplicada deverá ser de 300 kg ha⁻¹.

Em se tratando da aplicação de esgoto tratado para suprir a quantidade mínima de nitrogênio exigida pela cultura milho, o volume aplicado deveria ser de 14.359 m³ ha⁻¹, o que seria impensável devido a quantidade de efluente que pode ser gerado por uma propriedade rural de pequeno porte.

Então, uma alternativa seria apresentar possíveis porcentagens de combinação entre a aplicação de uréia e de esgoto tratado. Essas combinações podem ser observadas na tabela 16.

Tabela 16 - Combinações de Nitrogênio Disponível Entre a Uréia e o Esgoto Tratado para a Cultura do Milho.

Complemento (Uréia-Esg.)	Uréia (kg ha⁻¹)	N-Uréia (kg ha⁻¹)	≠ N-Rec. e N-Cal. (kg ha⁻¹)	Volume de Esgoto Tratado (m³ ha⁻¹)
50% - 50%	150	70	70	7.179,5
60% - 40%	180	84	56	5.743,6
70% - 30%	210	98	42	4.307,7
80% - 20%	240	112	28	2.871,8
90% - 10%	270	126	14	1.435,9

Esg. = esgoto, **N-Uréia** = concentração de nitrogênio na uréia; **≠ N-Rec. e N-Cal.** = diferença entre a concentração de nitrogênio recomendado pelo nitrogênio calculado para a cultura do milho.

Fonte: AUTORES, 2014

Na coluna “Complemento (Uréia-Esg.)” estão apresentadas as porcentagens complementares entre uréia e esgoto tratado que podem ser utilizadas para adubação. O valor final em todas as linhas desta coluna fecham em 100%, sendo que o primeiro valor representa o teor de uréia e o segundo valor representa o volume de esgoto tratado. Na coluna “Uréia (kg ha⁻¹)” estão discriminadas as quantidades específicas para cada porcentagem de uréia referente ao valor total de 300 kg ha⁻¹ que deve ser aplicado para obter uma produção de 10 t ha⁻¹ de grãos. Na coluna “N-Uréia (kg ha⁻¹)” estão especificadas as quantidades de nitrogênio disponíveis referentes a cada quantidade de uréia aplicada por hectare. Na coluna “≠ N-Rec. e N-Cal. (kg ha⁻¹)” estão expressos os valores de nitrogênio obtidos pela diferença entre o recomendado (140 kg ha⁻¹) e o calculado através das porcentagens de uréia disponíveis, obtidos na coluna anterior. Por fim, na coluna “Volume de Esgoto tratado (m³ ha⁻¹)” estão discriminados os volumes de esgoto tratado complementares à quantidade de uréia para totalizar a dose de nitrogênio necessário para obter a produção de 10 t ha⁻¹ de grãos de milho.

Esses resultados mostram que para uma adubação com 50% de uréia e 50% de esgoto tratado, deve-se utilizar 150 kg ha⁻¹ de uréia e 7.179,5 m³ ha⁻¹ de esgoto, disponibilizando 140 kg ha⁻¹ de nitrogênio para a cultura do milho. Mesmo com esse tipo de complementação, para a menor porção de efluente utilizado (10%) ainda assim a utilização de 1.435,9 m³ ha⁻¹ de esgoto tratado é um valor muito alto para fins práticos, em se tratando de uma propriedade de pequeno porte.

5.2.1.2 – ADUBAÇÃO FOSFATADA

A concentração média de fósforo no esgoto tratado foi de 11,7 mg L⁻¹, o que corresponde a 11,7 x 10⁻³ kg P m⁻³ de esgoto. Conforme a tabela 2, o teor deste nutriente no solo foi de 855,60 mg dm⁻³ e teor de argila de 53%. Logo, pode-se interpretar que este solo classifica-se como possuindo um teor “Muito Alto” deste elemento (Tabela 4).

Sendo assim, levando-se em conta que o teor de fósforo no solo é considerado “Muito Alto” e que a expectativa de produtividade é de 10 t ha⁻¹, a quantidade de fósforo (na forma de P₂O₅) a ser aplicado é de 90 kg ha⁻¹. Verificou-se, portanto, que a quantidade de superfosfato triplo (SFT) necessária é de 219,5 kg ha⁻¹, o que resulta em 39,3 kg ha⁻¹ de fósforo na forma elementar.

Como a quantidade de fósforo total disponível no esgoto tratado é de 11,7 x 10⁻³ kg m⁻³, verificou-se que a quantidade de esgoto a ser aplicado por hectare de solo para suprir a quantidade mínima de fósforo exigida pela cultura do milho é de 3.359,0 m³ ha⁻¹.

Na tabela 17 estão apresentadas as recomendações das porcentagens de complemento entre o fósforo disponível no SFT e o fósforo disponível no esgoto tratado.

Tabela 17 - Combinações de Fósforo Disponível Entre o SFT e o Esgoto Tratado para a Cultura do Milho.

Complemento (SFT-Esg.)	SFT (kg ha⁻¹)	P- SFT (kg ha⁻¹)	≠ P-Rec. e P-Cal. (kg ha⁻¹)	Volume de Esgoto Tratado (m³ ha⁻¹)
50% - 50%	109,8	19,7	19,6	1.679,5
60% - 40%	131,7	23,6	15,7	1.343,6
70% - 30%	153,7	27,5	11,8	1.007,7
80% - 20%	175,6	31,5	7,8	671,8
90% - 10%	197,6	35,4	3,9	335,9

Esg. = esgoto; **SFT** = superfosfato triplo; **P-SFT** = concentração de fósforo no superfosfato triplo; **≠ P-Rec. e P-Cal.** = diferença entre a concentração de fósforo recomendado pelo fósforo calculado para a cultura do milho.

Fonte: AUTORES, 2014

Semelhantemente ao que foi discutido para a adubação nitrogenada para a cultura do milho (item 6.2.1.1), para uma reposição de fósforo no solo que contemple uma produtividade satisfatória de grãos de milho (10 t ha^{-1}), na dosagem de 50% de SFT e 50% de esgoto tratado, deve-se utilizar as quantidades de $109,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de SFT e $1.679,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ do esgoto tratado, disponibilizando para o solo 90 kg P ha^{-1} na forma de P_2O_5 ou $39,3 \text{ kg P ha}^{-1}$ na forma elementar (P). Mesmo com esse tipo de complementação, para a menor porção de efluente utilizado (10%) ainda assim a utilização de $335,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de esgoto tratado é um valor muito alto para fins práticos, em se tratando de uma propriedade de pequeno porte.

5.2.1.3 – ADUBAÇÃO POTÁSSICA

A concentração média de potássio no esgoto tratado foi de $10,4 \text{ mg L}^{-1}$, o que corresponde a $10,4 \times 10^{-3} \text{ kg K m}^{-3}$ de esgoto. Conforme a tabela 2, o teor deste nutriente no solo foi de $148,58 \text{ mg dm}^{-3}$. Logo, interpreta-se que este solo classifica-se como possuindo um teor “Muito Alto” deste elemento (Tabela 5).

Sendo assim, levando-se em conta que o teor de potássio no solo é considerado “Muito Alto” e que a expectativa de produtividade é de 10 t ha^{-1} de grãos de milho, a quantidade de potássio (na forma de K_2O) a ser aplicado é de 60 kg ha^{-1} . Como no KCl existe aproximadamente 60% de potássio na forma de K_2O , verificou-se que a quantidade de KCl necessária é de 100 kg ha^{-1} , o que resulta em $42,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de potássio na forma elementar.

Como a quantidade de fósforo total disponível no esgoto tratado é de $10,4 \times 10^{-3} \text{ kg m}^{-3}$, verificou-se que a quantidade de esgoto a ser aplicado por hectare de solo para suprir a quantidade mínima de potássio exigida pela cultura do milho é de $4.086,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de esgoto tratado.

Tabela 18 - Combinações de Potássio Disponível Entre o KCl e o Esgoto Tratado para a Cultura do Milho.

Complemento (KCl-Esg.)	KCl (kg ha^{-1})	K-KCl (kg ha^{-1})	$\neq \text{K-Rec. e K-Cal.}$ (kg ha^{-1})	Volume de Esgoto Tratado ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)
50% - 50%	50	21,3	21,2	2.038,5
60% - 40%	60	25,5	17,0	1.634,6
70% - 30%	70	29,8	12,7	1.221,2
80% - 20%	80	34,0	8,5	817,3
90% - 10%	90	38,3	4,2	403,8

Esg. = esgoto; **KCl** = cloreto de potássio; **K-KCl** = concentração de potássio no cloreto de potássio; **$\neq \text{K-Rec. e K-Cal.}$** = diferença entre a concentração de potássio recomendado pelo potássio calculado para a cultura do milho.

Fonte: AUTORES, 2014

Na tabela 18 estão apresentadas as recomendações das porcentagens de complemento entre o potássio disponível na forma de KCl e o potássio disponível no esgoto tratado.

Semelhantemente ao que foi discutido para a adubação fosfatada para a cultura do milho (item 6.2.1.2), para uma reposição de potássio no solo que contemple uma produtividade satisfatória de grãos de milho (10 t ha^{-1}), na dosagem de 50% de KCl e 50% de esgoto tratado, recomenda-se utilizar 50 kg ha^{-1} de KCl e $2.038,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ do esgoto tratado, disponibilizando para o solo um total 60 kg K ha^{-1} na forma de K_2O ou $42,5 \text{ kg K ha}^{-1}$ na forma elementar. Mesmo com esse tipo de complementação, para a menor porção de efluente utilizado (10%) ainda assim a utilização de $403,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de esgoto tratado é um valor muito alto para fins práticos, em se tratando de uma propriedade de pequeno porte.

Pela estimativa da quantidade de esgoto gerado pela residência utilizada como modelo ($2,52 \text{ m}^3 \text{ mês}^{-1}$), para a menor complementação de adubo comercial (no caso o SFT) em relação ao esgoto tratado (90% - 10%), o volume do mesmo seria de $335,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Logo, considerando somente a geração de esgoto, seriam necessárias 133 residências para suprir a necessidade de fósforo em um hectare de solo.

5.2.2 – ADUBAÇÃO PARA A SOJA

5.2.2.1 – ADUBAÇÃO FOSFATADA

Considerando a porcentagem da fração argila (53%) e o teor deste elemento no solo ($855,60 \text{ mg dm}^{-3}$), conforme Tabela 2, interpreta-se o teor de fósforo (P) como “Muito Alto” segundo a tabela 4. A quantidade de adubo na forma de superfosfato triplo (SFT) a ser utilizada para atender uma produtividade de 4 t ha^{-1} de grãos de soja (tabela 7) deve ser de $73,2 \text{ kg ha}^{-1}$. Na forma de P_2O_5 e na forma de fósforo elementar, isso corresponde às quantidades de 30 kg ha^{-1} e $13,1 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente.

Como a quantidade de fósforo total disponível no esgoto tratado é de $11,7 \times 10^{-3} \text{ kg m}^{-3}$, para atender a recomendação de reposição deste elemento para o cultivo da soja o volume de esgoto aplicado deve ser de $1.119,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Na tabela 19 estão apresentadas as recomendações das porcentagens de complemento entre o fósforo disponível no SFT e o fósforo disponível no esgoto tratado. Da mesma forma que foi discutido para a adubação fosfatada para a cultura do milho (item 6.2.1.2), para uma reposição de fósforo no solo que contemple uma produtividade satisfatória de grãos de soja (4 t ha^{-1}), na dosagem de 50% de SFT e 50% de esgoto tratado, deve-se utilizar as quantidades

de 36,6 kg ha⁻¹ de SFT e 555,6 m³ ha⁻¹ de esgoto. Isto disponibilizará para o solo 13,1 kg P ha⁻¹ na forma elementar. Mesmo com esse tipo de complementação, para a menor porção de efluente utilizado (10%) a utilização de 111,1 m³ ha⁻¹ de esgoto tratado é um valor muito alto para fins práticos, em se tratando de uma propriedade de pequeno porte.

Tabela 19 - Combinações de Fósforo Disponível Entre o SFT e o Esgoto Tratado para a Cultura da Soja.

Complemento (SFT-Esg.)	SFT (kg ha⁻¹)	P- SFT (kg ha⁻¹)	≠ P-Rec. e P-Cal. (kg ha⁻¹)	Volume de Esgoto Tratado (m³ ha⁻¹)
50% - 50%	36,6	6,6	6,5	555,6
60% - 40%	43,9	7,9	5,2	444,4
70% - 30%	51,2	9,2	3,9	333,3
80% - 20%	58,6	10,5	2,6	222,2
90% - 10%	65,9	11,8	1,3	111,1

Esg. = esgoto; SFT = superfosfato triplo; P-SFT = concentração de fósforo no superfosfato triplo; ≠ P-Rec. e P-Cal. = diferença entre a concentração de fósforo recomendado pelo fósforo calculado para a cultura da soja.

Fonte: AUTORES, 2014

5.2.2.2 – ADUBAÇÃO POTÁSSICA

Em se tratando do teor de potássio no solo utilizado como referência (148,58 mg dm⁻³), interpretado como “Muito Alto” segundo a tabela 7, a quantidade de adubo na forma de cloreto de potássio (KCl) a ser utilizada para atender uma produtividade de 4 t ha⁻¹ de grãos de soja deve ser de 83,3 kg ha⁻¹. Na forma de K₂O e na forma de potássio elementar, isso corresponde as quantidades de 50 kg ha⁻¹ e 35,4 kg ha⁻¹, respectivamente.

Como a quantidade de fósforo total disponível no esgoto tratado é de 10,4 x 10⁻³ kg m⁻³, para atender a recomendação de reposição deste elemento para o cultivo da soja considerando a produtividade sugerida, o volume de esgoto aplicado deve ser de 3.990,4 m³ ha⁻¹. Porém esse é um volume impeditivo levando-se em consideração a geração de esgoto de uma propriedade rural de pequeno porte.

Na tabela 20 estão apresentadas as recomendações das porcentagens de complemento entre o potássio disponível no KCl e o potássio disponível no esgoto tratado. Assim como foi discutido para a adubação fosfatada para a cultura da soja, para uma reposição de potássio no solo que contemple uma produtividade de 4 t grãos de soja ha⁻¹, na dosagem de 50% de KCl e 50% de esgoto tratado, deve-se utilizar as quantidades de 41,7 kg ha⁻¹ de adubo e 1.701,9 m³ ha⁻¹ de esgoto tratado. Mesmo com esse tipo de complementação, para a menor porção de efluente utilizado (10%) ainda assim a utilização de 336,5 m³ ha⁻¹ de esgoto tratado é um valor muito alto para fins práticos, em se tratando de uma propriedade de pequeno porte.

Tabela 20 - Combinações de potássio disponível Entre o KCl e o Esgoto Tratado para a Cultura da Soja.

Complemento (KCl-Esg.)	KCl (kg ha⁻¹)	K-KCl (kg ha⁻¹)	≠ K-Rec. e K-Cal. (kg ha⁻¹)	Volume de Esgoto Tratado (m³ ha⁻¹)
50% - 50%	41,7	17,7	17,7	1.701,9
60% - 40%	50,0	21,2	14,2	1.365,4
70% - 30%	58,3	24,8	10,6	1.019,2
80% - 20%	66,6	28,3	7,1	682,7
90% - 10%	75,0	31,9	3,5	336,5

Esg. = esgoto; **KCl** = cloreto de potássio; **K-KCl** = concentração de potássio no cloreto de potássio; **≠ K-Rec. e K-Cal.** = diferença entre a concentração de potássio recomendado pelo potássio calculado para a cultura da soja.

Fonte: AUTORES, 2014

Pela estimativa da quantidade de esgoto gerado pela residência utilizada como modelo (2,52 m³ mês⁻¹), para a menor complementação de adubo comercial (no caso o SFT) em relação ao esgoto tratado (90% - 10%), o volume do mesmo seria de 111,1 m³ ha⁻¹. Logo, considerando somente a geração de esgoto, seriam necessárias 44 residências para suprir a necessidade de fósforo em um hectare de solo.

5.3 – REPOSIÇÃO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO

As exigências nutricionais de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) pelas plantas de milho e de soja são menores que as de N, P e K (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004). Como as concentrações de Ca e Mg observadas no solo de referência (Tabela 2) foram, respectivamente, 1.979,95 mg dm⁻³ e 272,29 mg dm⁻³, e suas concentrações no esgoto tratado giraram entorno de 6,13 x 10⁻³ kg m⁻³ e 2,62 x 10⁻³ kg m⁻³, qualquer um dos volumes utilizados de esgoto (para reposição de N, P e K) neste solo irá repor os teores mínimos desses nutrientes exigidos pelas plantas analisadas neste trabalho.

5.4 – AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE DE LANÇAMENTO DO ESGOTO TRATADO COM AS LEGISLAÇÕES VIGENTES

A tabela 21 apresenta a média das três amostras do efluente tratado pelo sistema de FSB em comparação com a normativa atual sobre os padrões de lançamentos de efluente líquidos, sendo ela a CONAMA 430/11, que dispõem sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementando e alterando a Resolução CONAMA 357/05.

Tabela 21 - Média das Três Amostras do Efluente Tratado Pelo Sistema de FSB em Comparação com a Resolução CONAMA n° 430/11.

Parâmetros	Média das três Amostras (Esgoto tratado)	CONAMA 430/11	Conformidade (C) Não Conformidade (NC)
DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	225,7	---	---
DBO ₅ (mg O ₂ L ⁻¹)	95,3	> 60	C
Amônia (mg NH ₃ L ⁻¹)	11,0	20,0	C
Nitrato (mg NO ₃ L ⁻¹)	2,8	---	---
Sólidos totais (mg L ⁻¹)	930,7	---	---
S.S (mg L ⁻¹)	< 0,5	1,0	C
Fósforo (mg P L ⁻¹)	11,7	---	---
Turbidez (UNT)	39,4	---	---
Potássio (mg K L ⁻¹)	10,8	---	---
Cálcio (mg Ca L ⁻¹)	6,1	---	---
Magnésio (mg Mg L ⁻¹)	2,6	---	---
C.T. (NMP 100mL ⁻¹)	< 5.948,0	---	---
C.T.T.(NMP 100mL ⁻¹)	< 5.948,0	---	---
C.B.H. (UFC mL ⁻¹)	1,8x10 ⁴	---	---

DQO – Demanda Química de Oxigênio; DBO₅ – Demanda Bioquímica de Oxigênio; S.S. – Sólidos Sedimentáveis; C.T. – Coliformes Totais; C.T.T. – Coliformes Termotolerante; C.B.H – Bactérias Heterotróficas.

Fonte: AUTORES, 2014

Com relação a resolução CONAMA 430/11, em se tratando de DBO₅, exige-se que o efluente para ser lançado em corpos receptores deve estar com concentração abaixo de 120 mg L⁻¹ ou, se acima, como neste caso, apresentar uma porcentagem de remoção acima de 60%. Em se tratando de Nitrogênio Amoniacal (N.A.), a normativa exige um valor não superior a 20 mg L⁻¹ de NH₃. Para os Sólidos Sedimentáveis (S.S.) o efluente não deve superar a quantia de 1,0 mL L⁻¹ através do teste em cone de *Inmhoff*, durante o período de uma hora. Demais parâmetros analisados não são tratados por esta normativa. Sendo assim, o esgoto tratado por FSB, em comparação a CONAMA 430/11, está em conformidade perante os parâmetros físico-químicos analisados.

Em relação a presença de coliformes termotolerantes, as resoluções CONAMA 357/05 e 430/11 estabelecem que, em rios de classe 1, não deverá ser excedido o limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, para qualquer uso que não seja a irrigação. Para rios de classe 2, o limite não deverá ser excedido de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano. Para rios de classe 3, o limite não deverá ser excedido de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano. Assim, se não realizar nenhum tratamento complementar para a desinfecção de microorganismos patogênicos, o efluente só poderia ser destinado em rios de classe 4.

Para o estado da Califórnia – EUA, os critérios para a recuperação de águas que recebem esgoto sanitário, para a irrigação de culturas forrageiras, sementeiras e culturas que são consumidas após o cozimento, cuja irrigação é realizada por superfície, não fazem exigências quanto ao número total de coliformes em 100 mL (METCALF: EDDY, 1977). No entanto, até serem feitos novos estudos no Brasil que, futuramente, possam mudar os padrões preestabelecidos, segue a norma vigente.

6 – CONCLUSÃO

Foi possível realizar a caracterização do esgoto bruto e tratado para os parâmetros físico-químicos, nutricionais e microbiológicos apresentados, comprovando através da análise estatística, a significância do tratamento por fossa séptica biodigestora (FSB) para todos os parâmetros analisados, com exceção dos Coliformes Totais e Termotolerantes.

Comprovou-se que o tratamento proposto foi eficiente na remoção dos parâmetros físico-químicos e nutricionais, atingindo valores de 96,4% para a DQO, 95,3% para a DBO₅, 93,4% para Cálcio (Ca), 88,5% para o nitrogênio Amoniacal (NH₃), sendo estes os parâmetros que apresentaram os maiores teores de redução. Para os parâmetros microbiológicos, não foi possível quantificar a redução pela metodologia utilizada.

Foram realizados os cálculos de adubação para as culturas do milho e da soja, verificando-se que para o cultivo de plantas anuais, que necessitam de grande quantidade de nutrientes, o uso do esgoto tratado por fossa séptica biodigestora é logisticamente inviável, devido ao fato de o mesmo não apresentar grandes concentrações de nutrientes e não proporcionar grandes volumes para atender a demanda nutricional dessas culturas.

Segundo as resoluções CONAMA 357/05 e 430/11, os valores dos parâmetros microbiológicos estão acima do valor permitido se esse esgoto fosse disposto em rios de classe 3. Para isso ocorrer é necessário tratamento complementar, sendo este a desinfecção por cloro ou por lâmpadas que emitem radiação na região do ultra violeta (UV), como exemplo.

Sendo assim, o esgoto tratado por esta fossa séptica biodigestora, pode ser aplicado no solo onde se deseja cultivar as monoculturas de milho e soja, com a utilização de tratamento complementar para a redução de microorganismos patogênicos, sem que haja prejuízo aparente ao ambiente e a saúde humana. Entretanto, sugere-se a realização de novas análises e com mais parâmetros, a fim de se ter mais dados para analisar a conformidade com as normas vigentes e atestar a confiança na eficiência do tratamento, bem como realizar experimentação com plantas de milho e soja para verificar dosagens de esgoto tratado e as vantagens e/ou desvantagens de sua aplicação prática.

REFERÊNCIAS

- ANDREOLI, Cleverson V. (coord.) et al. **Lodo de Fossa Séptica: Caracterização, Tecnologias de Tratamento, Gerenciamento e Destino Final**. 1 ed. 388 p. Rio de Janeiro; ABES, 2009.
- FAVARETO, Arílson. **Evolução das Relações Rural-Urbano no Brasil: Dinâmicas Demográficas e Análise Comparada em Perspective Histórica**. INTERNATIONAL CONFERENCE “DYNAMICS OF RURAL TRANSFORMATION IN EMERGING ECONOMIES”. New Delhi - India, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS¹. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS². **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.
- AZAMBUJA, João M. V. de; **O Solo e o Clima na Produtividade Agrícola**. Guaíba, RS; Livraria e Editora Agropecuária Ltda., 1996.
- BELLI FILHO, Paulo. et al. **Digestão anaeróbia de resíduos orgânicos e de lodo de tanque séptico. 2007**. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/unam7/tanque.pdf>>. Acesso em 20 de dez. de 2013.
- BERNARDES, Ricardo S.; SCÁRDUA, Martha P.; CAMPANA, Néstor A. **Guia para a Elaboração de Planos Municipais de Saneamento**. Ministério das Cidades. Brasília, Distrito Federal, 2006.
- BRADY, Nyle C. **Natureza e Propriedades dos Solos**. 6. ed. Rio de Janeiro; Freitas Bastos, 1983.
- BRASIL. Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília – DF. 08 jan. 2007. Seção 1.
- BRISCOE, John. **Evaluating water supply and other health programs: short-run vs long-run mortality effects**. 1985.
- CASSINI, Sérgio. Túlio. (Org.). **Digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos com aproveitamento do biogás**. 1. ed. Sao Carlos; Rima Editora/ABES-Finep-Prosab, 2003.
- CAVALCANTI, Gervásio S. **Principais Culturas**. Vol. II. Campinas, SP; Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1987.
- CERDA, Rodrigo; CÚNEO, Carlos M. **Atenção Primária Ambiental – APA**. 1. ed. Washington: Organização Pan-Americana da Saúde, Divisão de Saúde e Ambiente, Programa de Qualidade Ambiental; Gráfica e Editora do Brasil, 1999.

COELHO, Fernando S.; VERLENGIA, Flávio. **Fertilidade do Solo**. 2. ed. Campinas, São Paulo; Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA (CAGEPA). Disponível em: <http://www.cagepa.pb.gov.br/portal/?page_id=100>. Acesso em 05 jan. 2014.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE¹. Nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília – DF. nº 53, de 18 de março de 2005. p. 58-63.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE². Nº 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília – DF nº 92, de 16 de maio de 2011. p. 89.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE³. Nº 274 de 29 de novembro de 2000. Revisa os critérios de Balneabilidade em águas Brasileiras. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília – DF. nº 018, de 08 de janeiro de 2001. p. 70-71.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE⁴. Nº 375 de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos para uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamentos de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília – DF. nº 167, de 30 de agosto de 2006. p. 141-146.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE⁵. Nº 380 de 31 de outubro de 2006. Retifica a Resolução CONAMA Nº 375/2006 - Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília – DF. nº 213, de 07 de novembro de 2006. p. 59.

FLORES, Edson L. **Industrialização e desenvolvimento do sudoeste do Paraná**. 2009. 226f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós- Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão-PR, 2009.

FONSECA, Jairo S. da. MARTINS, Gilberto De A. **Curso de Estatística**. 6 ed. São Paulo; Atlas, 2009.

FORTLEV. **Manual de Instalação: Estação Compacta FORTLEV para Tratamento de Esgoto Domiciliar**. Araquari – Santa Catarina, 2013. 28 p.

FRANCISCO BELTRÃO. Disponível em: <<http://franciscobeltrao.com.br/omunicipio/historia/>>. Acesso em 21 ago. 2013

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Tecnologia Social, Fossa Séptica Biodigestora. Saúde e Renda no Campo**. Brasília; Plano Mídia, 2010. 32 p.

GALVÃO, João C. C.; MIRANDA, Glauco V. **Tecnologias de Produção do Milho: Economia, Cultivares, Biotecnologia, Safrinha, Adubação, Quimigação, Doenças, Plantas Daninhas e Pragas**. 2. Reimpressão. Viçosa; UFV, 2012.

HELLER, Léo et al. **Saneamento a Saúde em Países em Desenvolvimento**. 390 p. Rio de Janeiro, RJ; CC&P Editores Ltda., 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA¹ – IBGE. **Censo Demográfico 2010 – Características da População e dos Domicílios – Resultados do Universo**. Rio de Janeiro, RJ: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2011. 270 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA² – IBGE. **Pesquisa Nacional Por Amostra de Domicílios (PNAD) – Síntese de Indicadores 2009**. Rio de Janeiro, RJ: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2010. 288 p.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - IPARDES. **Leituras regionais: Mesorregião Geográfica Sudoeste Paranaense**. 139 p. Curitiba, Paraná, 2004.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Situação do Saneamento no Brasil – SINDUR / ONLINE**. Disponível em < <http://www.tratabrasil.org.br/situacao-do-saneamento-no-brasil-sindur-online> >. Acesso em: 01 junho. 2013.

JORDAO, Eduardo .P; VOLSCHAN, Isaac. **Tratamento de esgotos sanitários em empreendimentos habitacionais**; Caixa Econômica Federal, 2009.

LEITE, Bárbara Z. et al. **Caracterização e Alternativas de Disposição de Resíduos Sêpticos**. VIII SIMPOSIO ITALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL. Fortaleza, 2006.

LEONEL, Letícia F. et al. **Avaliação do efluente de fossa séptica biodigestora e jardim filtrante**. III SYMPOSIUM ON AGRICULTURAL AND AGROINDUSTRIAL WASTE MANAGEMENT, São Pedro - SP, 2013.

LEVINE, David et al. **Estatística – Teoria e Aplicações: Usando o Microsoft Excel em Português**. 6. ed. Rio de Janeiro; LTC, 2012.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 2. ed. Campinas, São Paulo; Editora Átomo, 2008.

MAACK, Reinhard. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 4 ed. Ponta Grossa- PR; UEPG, 2012

MACEDO, Jorge A. B. de. **Métodos Laboratoriais de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas**. 3 ed. Minas Gerais; CRQ – MG, 2005.

MACINTYRE, Archibald J. **Instalações Hidráulicas**. Rio de Janeiro; Guanabara Dois, 1982.

MAGALHÃES, Paulo C.; DURAES, Frederico O. M.; CARNEIRO, Newton P.; PAIVA, Edilson. Fisiologia do Milho. **Circular Técnica 22**. Sete Lagoas, MG. 23 p., jul. 2003.

MALAVOLTA, Eurípides. **ABC da Adubação**. 5 ed. São Paulo; Agronômica Ceres, 1989.

MALAVOLTA, Eurípides. **Manual de Calagem e Adubação das Principais Culturas**. São Paulo; Agronômica Ceres, 1987.

MENESES, Carla G. R. et al. **Caracterização físico-química e biológica dos resíduos de sistemas tipo tanque séptico-sumidouro da cidade do Natal**. XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, João Pessoa, 2001.

METCALF, Leonard; EDDY, Harrison P. **Tratamiento y depuración de las aguas residuales**. Barcelona – Espanha; Labor, 1977.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Vegetal – Milho**. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>>. Acesso em: 01 agosto. 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **A3P – Agenda Ambiental da Administração Pública**. Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental/Departamento de Cidadania e Responsabilidade Socioambiental. 5 ed. Brasília - DF, 2009.

MORAES, Luiz R. S.; BORJA, Patrícia C. (elaboradores). **Política e Plano Municipal de Saneamento Ambiental: Experiências e Recomendações**. Organização Pan-americana da Saúde; Ministério das Cidades, Programa de Modernização do Setor de Saneamento. Brasília; OPAS, 2005.

NOVAES, Antônio P. de et al. **Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica**. São Carlos; Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2002.

NUVOLARI et al. **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola**. 1 ed. São Paulo; Edgard Blucher, 2003.

RICHTER, Carlos A.; NETO, José M. de A. **Tratamento de água: Tecnologia atualizada**. 1. ed. São Paulo; Blucher, 1991.

ROCHA, Cláudia. E; SANT'ANNA, Fernando S. P. **Regulamentação para despejos de caminhões limpa-fossas na ETE Jarivatuba, Joinville-SC**. XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, Campo Grande, 2005.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO – DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL - SEAB/DERAL. **Produção Agropecuária – Área e Produção Agrícola no Estado do Paraná e comparativo com o Brasil**. Disponível em <<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/cprbr.pdf>>. Acesso em: 05 maio. 2013.

SEDIYAMA, Tuneo. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina, PR; Mecenas, 2009.

SPERLING, Marcos V. **Introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgoto: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005

SILVA, Wilson T. L. da et al. **Eficiência do Processo de Biodigestão em Fossa Séptica Biodigestora Inoculada com Esterco de Ovino**. Embrapa Instrumentação Agropecuária; São Carlos - SP, 2007.

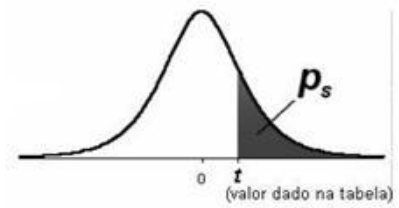
SILVA, Wilson T. L. da. **Tecnologias de saneamento Básico Rural desenvolvidas na Embrapa**. IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA DE SAÚDE PÚBLICA. Belo Horizonte – MG, 2013.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de Adubação e Calagem para os Estados Do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo RG/SC. 10 ed. Porto Alegre, 2004.

TACHINI, Mário; BELLI FILHO, Paulo; PINHEIRO, Adilson. **Avaliação de tratamento integrado de esgotos sanitários e de lodo de tanques sépticos em um Ralf: um estudo de caso**. SANARE; Revista técnica da Sanepar, Curitiba, v. 24, n. 24, p. 70-78, 2006.

WENDLING, Ivar et al. **Série Produção de Mudanças Ornamentais: Substrato, Adubação e Irrigação na Produção de Mudanças**. V.2. Viçosa; Aprenda Fácil, 2002.

ANEXO A – TABELA DA DISTRIBUIÇÃO “t” DE STUDENT



g.l.	P_s						
	0,200	0,150	0,100	0,050	0,025	0,010	0,005
1	1,376	1,963	3,078	6,314	12,71	31,82	63,66
2	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
35	0,852	1,052	1,306	1,690	2,030	2,438	2,724
40	0,851	1,050	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
50	0,849	1,047	1,299	1,676	2,009	2,403	2,678
60	0,848	1,045	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
80	0,846	1,043	1,292	1,664	1,990	2,374	2,639
100	0,845	1,042	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626
1	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,327	2,576