



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CAMPUS ANGICOS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

HELLYSON DAVID GURGEL COSTA

**QUANTIFICAÇÃO E SUGESTÃO DE PROPOSTAS PARA O
DESTINO FINAL DOS EFLUENTES DE ESGOTOS
DOMÉSTICOS GERADOS NA CIDADE DE ANGICOS/RN**

ANGICOS-RN

2011

HELLYSON DAVID GURGEL COSTA

**QUANTIFICAÇÃO E SUGESTÃO DE PROPOSTAS PARA O
DESTINO FINAL DOS EFLUENTES DE ESGOTOS
DOMÉSTICOS GERADOS NA CIDADE DE ANGICOS/RN**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Angicos para a obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof^o Me. Matheus da Silva Menezes - UFERSA

ANGICOS-RN

2011

Catálogo na Fonte

Biblioteca Universitária Campus Angicos (BCA-UFERSA)

C837q Costa, Hellyson David Gurgel.

Quantificação e sugestão de propostas para o destino final dos efluentes de esgotos domésticos gerados na cidade de Angicos/RN / Hellyson David Gurgel Costa. – Angicos, RN, 2011.

87 f. : il.

Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Campus Angicos. Orientador: Prof.º Me. Mateus da Silva Menezes.

1. Sistema de esgoto sanitário. 2. Quantificação de contribuição de esgotos. 3. Propostas de destino final de esgotos.
I. Título.

RN/UFERSA/BCA

CDD 628.2

Ficha Catalográfica elaborada pelo Bibliotecário-Documentalista
Sale Mário Gaudêncio – CRB15/476

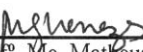
HELLYSON DAVID GURGEL COSTA

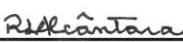
QUANTIFICAÇÃO E SUGESTÃO DE PROPOSTAS PARA O
DESTINO FINAL DOS EFLUENTES DE ESGOTOS
DOMÉSTICOS GERADOS NA CIDADE DE ANGICOS/RN

Monografia apresentada no Campus Angicos para a
obtenção do título de Bacharel em Ciência e
Tecnologia.

APROVADO EM: 15/12/2011

BANCA EXAMINADORA


Prof.º Me. Matheus da Silva Menezes – UFERSA
Presidente


Prof.ª Dra. Roselene de Lucena Alcântara – UFERSA
Primeiro Membro


Prof.ª Me. Sâmea Valensca Alves Barros – UFERSA
Segundo Membro

A **Antônia Nogueira de Oliveira Gurgel** [in memoriam] que foi minha avó, amiga que muito amou e lutou para a realização de muitos dos meus sonhos e que sempre sonhava com esta realização.

A minha família, especialmente aos meus pais; **José Hélio Alves da Costa** e **Maria do Socorro Gurgel Costa** que nunca mediram esforços para minha felicidade e educação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer, de uma maneira muito especial, a Deus acima de tudo por estar presente na minha vida de modo bastante especial, me dando força, sabedoria e compreensão para concluir este trabalho. Deus está acima de tudo na minha vida;

À minha família, especialmente à minha mãe que com muito carinho e apoio não mediu esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida, acreditando e me entregando em suas constantes orações diárias, ao meu pai que através de muitas renúncias nunca me deixou faltar nada;

À minha namorada Vanessa Almeida pelo incentivo, apoio e por ter contribuído de forma significativa dando-me forças para esta realização;

Aos meus colegas de curso pela troca de experiências durante esses anos, em especial as minhas amigas Marília de Sá Leitão Benevides e Érika Dantas de Macêdo, aos meus amigos Renato Alison da Costa, João Paulo de Barros Cavalcante e a Stênio Miranda Torres Filho com quem compartilhei muitos conhecimentos, brincadeiras e companheirismo;

Ao meu orientador Matheus Menezes, pela dedicação, disponibilidade, contribuições e incentivo na elaboração deste trabalho;

A todos os professores, em especial a Edcarlos Leite, Marcilene Nobrega, Joselito Cavalcante, Roselene Alcântara, Alessandra Carla e Sâmea Valensca que estiveram presentes no período deste curso que direto ou indiretamente contribuíram para esta conquista;

À UFRSA, em especial ao *Campus Angicos*, onde convivi durante toda essa jornada de muito estudo e assim consegui conquistar a amizade e confiança de muitos professores, vocês serão inesquecíveis;

A todos do Estágio, em especial ao engenheiro Francieudes da Fonsêca Cabral, minha supervisora Valdneia Nunes, e aos estagiários que sempre estiveram comigo, presentes a cada momento Roany Costa e Manuella Corcino;

A todos os meus amigos (as) que presentes no meu dia a dia, me apoiaram e desejaram o meu sucesso, agradeço muito por acreditarem nesta realização;

Serei a todos infinitamente grato.

“Amei a sabedoria mais do que a saúde e a beleza, e resolvi tê-la como luz, porque o brilho dela nunca se apaga. Com ela me vieram todos os bens, e em suas mãos existe riqueza incalculável.”

(Sabedoria – Bíblia Sagrada)

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo quantificar e estudar alternativas para o destino final dos efluentes de esgotos domésticos gerados no município de Angicos que se localiza no semiárido do Rio Grande do Norte e se encontra numa fase de desenvolvimento socioeconômico promovida pela implantação de um campus da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA. O desenvolvimento deste estudo deu-se com a determinação da atual situação dos elementos constituintes do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Angicos, e efetuando uma estimativa da geração de esgotos atual e no período dos próximos 20 anos. Com os dados obtidos, analisamos algumas das possíveis alternativas para o efluente de esgoto gerado, levando em consideração os tipos de tratamento de esgotos mais adequados à região, bem como sua localização e destinação final.

Palavras-chave: Sistema de Esgotamento Sanitário. Quantificação da contribuição de esgotos. Propostas de destino final de esgotos.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – QUANTIDADE DE RESIDENTES POR DOMICILIO INCLUINDO VOCÊ	45
GRÁFICO 2 – USO DE MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS.	46
GRÁFICO 3 – FREQUÊNCIA QUE UTILIZA A MÁQUINA DE LAVAR DURANTE A SEMANA.	47
GRÁFICO 4 – SUA CASA POSSUI FOSSA SÉPTICA.	47
GRÁFICO 5 – SISTEMA DE SANEAMENTO BÁSICO ANGICOS/RN.	48
GRÁFICO 6 – MÉDIA DE TEMPO GASTO NO BANHO.	49
GRÁFICO 7 – ESGOTO A CÉU ABERTO NA RUA.....	50
GRÁFICO 8 – DESTINO FINAL DOS ESGOTOS GERADOS NAS CASAS.....	51
GRÁFICO 9 – TAXA DE MANUTENÇÃO PARA UM SISTEMA DE SANEAMENTO NA CIDADE.	52
GRÁFICO 10 – EXISTÊNCIA DE BANHEIRO EXTERNO NAS RESIDÊNCIAS DA CIDADE.....	53
GRÁFICO 11 – FALTA DE ÁGUA ENCANADA NAS CASAS.	54

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DE ANGICOS NO MAPA DO RIO GRANDE DO NORTE.....	18
FIGURA 2 – MAPA POLÍTICO RODOVIÁRIO	20
FIGURA 3 – MUNICÍPIO DE ANGICOS/RN.....	56
FIGURA 4 – MUNICÍPIO DE ANGICOS/RN E POSSÍVEIS ALTERNATIVAS DE ÁREAS PARA O ESGOTO SANITÁRIO DA CIDADE.....	57
FIGURA 5 – ÁREA 1 ESCOLHIDA.....	58
FIGURA 6 – ÁREA 1 E AÇUDE 1 COMO RECEPTOR.....	59
FIGURA 7 – ÁREA 2 ESCOLHIDA.....	60
FIGURA 8 – ÁREA 2 E AÇUDE 2 COMO RECEPTOR.....	61
FIGURA 9 – ÁREA 3 ESCOLHIDA.....	62
FIGURA 10 – ÁREA 3 E CÓRREGO 3 COMO RECEPTOR.....	63

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – HISTÓRICO POPULACIONAL DA CIDADE DE ANGICOS/RN	20
TABELA 2 – RENDIMENTO PER CAPTA NA CIDADE DE ANGICOS.....	21
TABELA 3 - CONSTITUIÇÃO DOS ESGOTOS	24
TABELA 4 - COMPOSIÇÃO DOS ESGOTOS DOMÉSTICOS	24
TABELA 5 - ÁREA SUPERFICIAL ESPECIFICA PARA CADA SISTEMA.....	25
TABELA 6 - PARÂMETROS E FORMAS DE AVALIAÇÃO PARA ESCOLHA DO SISTEMA EMPREGADA	26
TABELA 7 - PARÂMETROS REFERENTES AOS CONCEITOS E IMPORTÂNCIA	27
TABELA 8 - CONCENTRAÇÕES E CARGAS UNITÁRIAS PER CAPITA DE MATÉRIA ORGÂNICA DOS ESGOTOS SANITÁRIOS DE EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS.....	28
TABELA 9 - ÁREAS NECESSÁRIAS PARA TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS POR SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO	31
TABELA 10 - ÁREAS E VOLUMES ESTIMADOS REQUERIDOS NO TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS POR REATORES ANAERÓBIOS DE FLUXO ASCENDENTES	32
TABELA 11 - VOLUMES DIÁRIOS DE ESGOTOS GERADOS POR UM DOMICÍLIO	34
TABELA 12 - EFEITOS DOS POLUENTES DO ESGOTO NO CORPO D'ÁGUA.....	35
TABELA 13 - GRAUS, OPERAÇÕES, PROCESSOS E SISTEMAS DE TRATAMENTO – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO (%).....	37
TABELA 14 – DBO ₅ EM ALGUNS PAÍSES	43
TABELA 15 - EVOLUÇÃO DAS CONTRIBUIÇÕES DOMÉSTICAS DE ESGOTO – ÁREA DE PROJETO	44
TABELA 16 – EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO.....	66
TABELA 17 - PARA SISTEMA DE TRATAMENTOS 1 – LAGOA ANAERÓBIA ASSOCIADA À LAGOA FACULTATIVA.....	67
TABELA 18 - PARA SISTEMA DE TRATAMENTO 2 – REATOR RAFA ASSOCIADA À LAGOA FACULTATIVA.....	67

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CAERN – Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.

EEE – Estação Elevatória de Esgoto.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

MMA – Ministério de Meio Ambiente.

NBR – Norma Brasileira.

NMP – Numero Mais Provável.

°C – Celsius.

PNSB – Política Nacional de Saneamento Básico.

PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico.

PSF's – Programas de Saúde da Família.

RAFA – Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente.

SERQUIP – Empresa de incineração de resíduos sólidos.

SES – Sistema de Esgoto Sanitário.

SRH – Secretaria de Recursos Hídricos.

UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi Árido.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	17
2.2 LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ANGICOS	17
2.3 HIDROLOGIA DE ANGICOS	18
2.4 GEOLOGIA	18
2.4.1 Aspectos geológicos.....	19
2.4.2 Geomorfológicos	19
2.5 SOLOS.....	19
2.6 CLIMATOLOGIA.....	20
2.7 SISTEMA VIÁRIO DE ANGICOS.....	20
2.8 POPULAÇÃO	20
2.9 SITUAÇÃO SÓCIO ECONÔMICA	21
2.10 CARACTERÍSTICAS URBANAS	21
2.10.1 Coleta de lixo	22
2.10.2 Saúde.....	22
2.11 SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO	23
2.12 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS.....	25
2.13 TIPOS DE TRATAMENTO	29
2.13.1 Lagoa De Estabilização	29
2.13.2 Reator Anaeróbio	31
2.13.3 Tanques Sépticos	33
2.14 QUANTIDADE DE ESGOTO.....	33
2.15 COEFICIENTE DE RETORNO	34
2.16 DISPOSIÇÃO FINAL	35
3 METODOLOGIA	38
3.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA.....	38
3.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	38
3.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	38
3.4 POPULAÇÃO E AMOSTRA	39
3.5 TRATAMENTO DOS DADOS	39

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE ANGICOS	40
4.2 SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO DE ANGICOS	41
4.3 QUANTIFICAÇÃO DO ESGOTO GERADO	42
4.3.1 Vazão de Infiltração	42
4.3.2 Carga Orgânica	42
4.3.3 Evolução das Contribuições Domésticas de Esgoto.....	43
4.4 PESQUISA DE CAMPO	44
4.5 ANÁLISE DE ALTERNATIVAS PARA O SISTEMA DE ESGOTOS SANITÁRIOS DA CIDADE DE ANGICOS/RN.....	54
4.6 ESTUDOS DE CASO.....	57
4.6.1 Área 1.....	57
4.6.2 Área 2.....	59
4.6.3 Área 3.....	61
4.7 TIPOS DE SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS ADOTADOS PARA ANÁLISE	63
4.7.1 Sistemas de Tratamentos 1.....	64
4.7.2 Sistemas de Tratamento 2	65
4.7.3 Comparação da eficiência do Sistema de Tratamento 1 e 2.....	65
4.7.4 Análise dos parâmetros de eficiência nos tratamentos considerados	67
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	76
ANEXO A – TRABALHO DE MORAIS (2011).....	78
ANEXO B - PLANTA PLANIALTIMÉTRICA DA CIDADE DE ANGICOS.	87

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos (2004) divulgado pelo Ministério de Meio Ambiente (MMA) e Secretária de Recursos Hídricos (SRH), no Brasil, aproximadamente 1,7 milhões de pessoas convivem com estruturas de saneamento inadequadas e, como consequência dessa precariedade, mais de 3 milhões de pessoas, dentre elas, a maioria crianças, morrem a cada ano vítimas de doenças que estão relacionadas à água não tratada.

Os impactos causados a uma população devido a não dispor de nenhum tipo de infraestrutura sanitária são alarmantes, dentre estes, a proliferação de doenças de veiculação hídricas como dengue, malária e diversos tipos de verminoses acarretadas pelo não tratamento dos efluentes geram sérios problemas a qualquer população.

Dessa forma, foi criada em 2007, a Lei 11.445 de 05 de Janeiro de 2007, a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), que estabeleceu as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico e os princípios fundamentais que devem nortear o conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de:

- Abastecimento de água potável;
- Esgotamento Sanitário;
- Resíduos Sólidos;
- Drenagem das águas de chuvas.

Também são princípios estabelecidos pela (PNSB), o controle social, a transparência das ações, os processos decisórios institucionalizados como também os serviços de integração das infra-estruturas e gestão correta dos recursos hídricos.

Mota (2010) afirma que a água é um recurso natural necessário ao desenvolvimento da vida e do meio ambiente, bem como do desenvolvimento das atividades humanas, sendo um recurso escasso devido a sua distribuição irregular e as perdas que acontecem no sistema responsável pela origem e circulação da água (ciclo hidrológico).

Como a água é um recurso escasso e que é indispensável à vida, faz-se necessário que sejam estudados meios que impeçam a sua contaminação, para que sua qualidade não seja comprometida e a mesma possa atender aos usos múltiplos. Neste sentido, verifica-se que os usos múltiplos dados da água geram os esgotos ou águas residuárias, estes para que não venham causar impactos ao meio ambiente, como contaminar os rios; solos e lençóis freáticos devem ter uma disposição final adequada.

Dessa forma, a fim de beneficiar a população de Angicos como um todo, no que diz respeito às diretrizes do PNSB e a situação atual dos efluentes gerados na cidade de Angicos, têm-se como objetivo deste trabalho, fazer uma análise dos tipos de sistema de tratamentos que poderiam ser adotadas, onde será realizada uma análise do local de uma possível instalação do sistema de tratamento de esgotos, adequados à região através das características e situação do município.

Os esgotos domésticos gerados pelo sistema de abastecimento público de um município devem ser tratados antes de retornarem aos corpos hídricos, para que não venham causar impactos negativos aos mesmos. Então, a reciclagem ou reuso de água deve ocorrer no sentido de promover a devolução das águas residuárias em conformidade com a especificação adequada do corpo receptor estabelecida pela Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Por outro lado, os efluentes gerados podem ter outras finalidades tais como a geração de energia e/ou reutilização em irrigação.

Na cidade de Angicos, não existe implantado nenhum tipo de sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários. Nesse contexto, alguns questionamentos surgem, tais como: (a) qual o destino final de todo o efluente de esgotos gerado pela população da cidade de Angicos. (b) Qual a quantidade de esgotos gerados? (c) Qual poderia ser a solução de tratamento e destino final desses efluentes? (d) Quais os anseios e a visão da população local sobre esta problemática? As respostas a essas questões inicialmente levantadas serão buscadas no decorrer do desenvolvimento do presente estudo.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo, analisar os dados censitários e cadastrais disponibilizados pelos órgãos competentes referentes à população, rendimentos, saúde, educação e saneamento na cidade de Angicos; Analisar a situação atual dos elementos pertencentes ao sistema de esgotos sanitários da cidade de Angicos; Efetuar uma estimativa da geração de esgotos atual da cidade de Angicos e utilizar um método adequado para estimar o crescimento dessa geração com base em dados populacionais disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Efetuar um estudo de possíveis alternativas para o efluente de esgoto gerado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Segundo Gomes (2002), a quantidade de água requerida para um projeto de abastecimento de água, e consequentemente de esgotos sanitários, deve levar em consideração, dentre outros fatores as previsões de população para o fim de plano, estimativas de consumo de água.

Ainda de acordo com Gomes (2002), para a estimativa do consumo, devem ser levados em consideração fatores regionais e locais, tais como: Clima, padrão de vida, hábitos da população, sistema de fornecimento de água (com ou sem hidrômetro), qualidade da água fornecida, custo da água etc.

Tais fundamentações são compartilhadas na norma ABNT NBR 9648 (1986), que em seu item 3.1. destaca que as informações referentes às características físicas, demográficas e de acesso da área em estudo devem ser levadas em consideração, bem como os aspectos relativos ao desenvolvimento socioeconômico.

Nesse sentido, este item tem como objetivo contextualizar a área de estudo para que as análises posteriores possam estar fundamentadas de acordo com a realidade local.

2.2 LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ANGICOS

De acordo com os dados do Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN (IDEMA, 2008), Angicos localiza-se na mesorregião denominada de Central Potiguar que faz parte da zona do sertão do Rio Grande do Norte como mostra na figura, ocupa uma área de 741,65 km², estando a uma distância de 171,00 km d da capital do Estado, possui as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 5° 39' 56" Sul e Longitude 36° 36' 04" Oeste.

Figura 1 – Localização de Angicos no mapa do Rio Grande do Norte.



Fonte: Wikipédia (2006).

2.3 HIDROLOGIA DE ANGICOS

O município de ANGICOS encontra-se com 99,26% do seu território inserido na Bacia Hidrográfica Piranhas – Açú. O município é banhado em sua porção central pela sub-bacia do Rio Pataxós, que o atravessa na direção SE-NW e em sua porção E, pela sub-bacia do Rio Cabugi, que atravessa o município na direção SE-NW. Rios Principais: Pichoré, São Miguel, São Pedro, Pataxós e Cabugi (IDEMA, 2008).

De acordo com os dados do IDEMA (2008), o município não dispõe de mananciais com qualidade e quantidade que permitam a implantação de obras de abastecimento. Portanto fez-se necessário o beneficiamento de oferta d'água através do Sistema Adutor Sertão Central Cabugi que tem como objetivo o abastecimento humano e dessedentação animal. O sistema possui uma extensão total de 204,200 km, a captação d'água bruta é feita na Barragem Eng. Armando Ribeiro Gonçalves através do Canal de Pataxó e possibilita uma vazão total de 195l/s ou 702 m³/h.

2.4 GEOLOGIA

Os dados analisados nesse item dizem respeito a geologia da área do município de Angicos e foram divididos em duas vertentes: os aspectos geológicos e aspectos geomorfológicos, que destaca-se a seguir:

2.4.1 Aspectos geológicos

De acordo com os dados do IDEMA (2008), geologicamente o município de Angicos é caracterizado por rochas do Embasamento Cristalino na porção Oeste do município e na porção Leste é representada por rochas do Grupo Caicó, com migmatitos, granitos, gnaisses, anfibolitos e calcários. Sendo toda esta sequência cortada por diques de basalto e diabásios com direção Leste-Oeste.

Ainda, segundo IDEMA (2008), encontra-se nas margens do Rio Pataxós depósitos aluvionares, compostos de areias e cascalhos, com intercalações pelíticas, associados aos sistemas fluviais atuais. Enquanto que a noroeste são encontrados elementos da Formação Açú compostos por arenitos finos a grossos, localmente conglomeráticos, de cor cinza claro, amarelada ou avermelhada, com intercalações de folhelhos e argilitos sílticos, especialmente em direção ao topo.

2.4.2 Geomorfológicos

De acordo com os dados do IDEMA (2008), geomorfologicamente predominam as formas de relevo tabulares, de topo plano, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem, separados geralmente por vales de fundo plano.

2.5 SOLOS

De acordo com os dados do IDEMA (2008), os solos predominantes e suas características principais:

- **Solonetz Solodizado** - fertilidade alta, textura média/argilosa, arenosa/argilosa e arenosa/média, fase pedregosa e rochosa, mal ou imperfeitamente drenado, relevo plano e suave ondulado.
- **Solos Litólicos Eutróficos** - fertilidade alta, textura arenosa e ou média, fase pedregosa e rochosa, bem ou acentuadamente drenado relevo suave ondulado.

O uso do solo, segundo o IDEMA (2008), é voltado principalmente para a criação de ovinos e a agricultura praticamente é inexistente em fase das limitações pelo alto teor de sódio trocável, pedregosidade e deficiência de água. Com exceção de uma pequena área de Latossolo, ao Norte, que poderia ser intensamente cultivado desde que resolvido o problema da falta d'água.

2.6 CLIMATOLOGIA

Segundo o IDEMA (2008), o clima do município Angicos é do tipo Tropical muito quente e semi-árido, com chuvas no período de fevereiro a abril, apresentando uma temperatura média de 27° C e uma temperatura máxima de 33° C.

2.7 SISTEMA VIÁRIO DE ANGICOS

De acordo com os dados do IDEMA (2008), Angicos atualmente conta apenas com meio de transporte rodoviário. Liga-se diretamente com a Capital do Estado por meio da BR 304, Figura 2.

Figura 2 – Mapa Político Rodoviário



Fonte: IDEMA (2008)

2.8 POPULAÇÃO

De acordo com os resultados do censo demográfico realizados pelo IBGE (2010), apresenta-se na Tabela 1 os dados históricos referentes à evolução populacional da cidade de Angicos/RN.

Tabela 1 – Histórico populacional da cidade de Angicos/RN

Ano	1980	1991	1996	2000	2010
População	10.986	11.476	10.881	11.626	11.549

Fonte: IBGE (2010).

Através dessa Tabela pode-se perceber que a população angicana encontra-se com evolução negativa neste intervalo de tempo que será analisado, como já havia sido mencionado.

2.9 SITUAÇÃO SÓCIO ECONÔMICA

A cidade de Angicos, como foi dito anteriormente, situa-se na região do sertão potiguar que apresenta irregularidade na ocorrência de chuvas e a constituição do solo pobre para plantação contribui para a falta de geração de recursos na cidade. O rendimento *per capita* na cidade de Angicos, segundo os dados do IBGE (2010), está mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Rendimento per capita na cidade de Angicos

Rendimento	Quantidade (pessoas)	Quantidade (Acumulado)	Percentual %	Percentual % (Acumulado)
<i>Sem rendimento</i>	4.343	4.343	44,25%	44,25%
<i>Até ¼</i>	726	5.069	7,40%	51,65%
<i>Mais de ¼ a ½</i>	618	5.687	6,30%	57,94%
<i>Mais de ½ a 1</i>	2.704	8.391	27,55%	85,49%
<i>Mais de 1 a 2</i>	917	9.308	9,34%	94,83%
<i>Mais de 2 a 3</i>	216	9.524	2,20%	97,04%
<i>Mais de 3 a 5</i>	176	9.700	1,79%	98,83%
<i>Mais de 5 a 10</i>	85	9.785	0,87%	99,69%
<i>Mais de 10 a 15</i>	13	9.798	0,13%	99,83%
<i>Mais de 15 a 20</i>	6	9.804	0,06%	99,89%
<i>Mais de 20 a 30</i>	7	9.811	0,07%	99,96%
<i>Mais de 30</i>	4	9.815	0,04%	100,00%
Total	9.815	-	100%	-

Fonte: IBGE (2010)

2.10 CARACTERÍSTICAS URBANAS

As edificações existentes na área central da cidade, tanto residências como comerciais, são na sua maioria unidades conjugadas, e possuem uma testada média de 5,5 metros. Na área periférica, as edificações são predominantemente isoladas, sendo constituídas de unidades construídas com tijolos e telhas e áreas médias de 60 m², apresentando um padrão habitacional simples. Na área central de Angicos, encontram-se residências e diversos prédios construídos na década de 40 e 50 que apresentam boa qualidade, característica da época.

2.10.1 Coleta de lixo

De acordo com Costa et al. (2011), a Prefeitura Municipal, através da Secretária de Obras e Urbanismo, informou que atualmente existem cinco veículos (duas caçambas, dois tratores e um caminhão) que circulam diariamente em todos os bairros recolhendo os resíduos sólidos municipais todos os dias da semana.

No município existem, atualmente, trinta e dois funcionários responsáveis por toda a limpeza municipal, dos quais dez são garis e vinte e dois distribuídos nos veículos, responsáveis pelas demais operações envolvidas no processo.

A prefeitura realiza um acompanhamento semanal dos resíduos sólidos depositados no lixão municipal e afirma que é feito um trabalho com tratores de terraplanagem do local sempre que as camadas de resíduos são depositadas no local. Com relação aos resíduos hospitalares, ou seja, resíduos sépticos, estes são transportados duas vezes por semana por uma empresa de Natal/RN, denominada SERQUIP, pioneira no Rio Grande do Norte na gestão de resíduos sólidos de serviços de saúde.

2.10.2 Saúde

De acordo com Marques et al. (2011), o município de Angicos conta com um total de cinco Programas de Saúde da Família (PSF's). Cada uma dessas unidades assiste um determinado número de famílias. O PSF 1 está situado no bairro Alto da Esperança e assiste 784 famílias; o PSF 2 é situado na Zona Rural do Município e assiste 276 famílias; o PSF 3 está localizado no centro da cidade e assiste 896 famílias; o PSF 4 encontra-se no Alto do Triângulo e assiste 684 famílias; e o PSF situa-se no bairro Alto da Alegria e assiste 510 famílias.

Entre as principais atividades realizadas pelos PSF's estão às visitas domiciliares que são realizadas mensalmente por agentes de saúde, objetivando informar à população sobre os programas oferecidos pelos mesmos, verificando a existência de focos ou cenários propícios à propagação de determinadas doenças (por exemplo, dengue, esquistossomose, amebíase, cólera, hepatite A).

2.11 SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO

O sistema de esgoto sanitário é concebido como o conjunto de obras de engenharia constituídas por condutos destinadas a coletar, transportar e dar o destino final adequado ao esgoto sanitário também denominado de águas residuárias. Enquanto o esgoto sanitário é definido, de acordo com NBR 9.648 (1986), como o despejo líquido do uso da água fornecida pelo abastecimento público que é constituído do esgoto doméstico e do esgoto industrial.

A NBR 9.648 (1986) define ainda o esgoto doméstico como sendo o despejo líquido do uso da água voltado para atender as necessidades de higiene e fisiológicas da população de um determinado local e o esgoto industrial como sendo o despejo de líquidos resultantes dos processos industriais, respeitando os padrões de lançamento estabelecidos pelas resoluções e normas que regulam o mesmo.

Então, percebe-se que o sistema de esgotamento sanitário é o sistema responsável por não deixar que seja lançado o esgoto *in natura* nos corpos hídricos, evitando assim os impactos ambientais e a proliferação de doenças que são transmitidas pela água contaminada. Logo, pode-se afirmar que é constituído pelas obras hidro-sanitárias responsáveis pela coleta e pelo transporte das águas residuárias desde a origem até o lançamento final.

Os condutos que recolhem e transportam as águas residuárias são denominados de coletores, sendo o conjunto destes denominado de rede coletora. Jordão e Volschan Junior (2009) destacam que a rede coletora, os emissários, as unidades de tratamento são elementos que compõem o que é denominado de sistema de esgotos sanitários.

A situação ideal para qualquer município é ter um sistema de esgotamento sanitário que atenda 100% das residências, do comércio e do complexo industrial, através de redes coletoras, interceptores e emissários devidamente executados e tratamento competente das águas residuárias.

A composição dos esgotos sanitários, conforme Jordão e Volschan Junior (2009) dependem dos usos da água fornecida pelo abastecimento público do município, logo varia de acordo com os hábitos e perfil socioeconômico da população da região. Sendo, os esgotos domésticos constituídos aproximadamente por 99,9% de água e 0,1% de material sólido (Tabela 3).

Tabela 3 - Constituição dos esgotos

Em media	Descrição
99,9% de água	Água de abastecimento utilizada na remoção do esgoto dos comércios e residências
0,1% de sólidos	Sólidos Grosseiros
	Areia
	Sólidos sedimentáveis
	Sólidos dissolvidos

Fonte: JORDÃO; VOLSCHAN JUNIOR (2009).

A Tabela 4 apresenta a composição dos esgotos domésticos de acordo com Jordão e Volschan Junior (2009).

Tabela 4 - Composição dos esgotos domésticos

Tipos de substâncias	Origem	Observações
Sabões	Lavagem de roupas e louças.	-
Detergentes (pode ser ou não biodegradáveis)	Lavagem de roupas e louças.	A maioria dos detergentes contém o nutriente fósforo na forma de fosfato.
Cloreto de sódio	Cozinhas e na urina humana	Cada ser humano elimina pela urina cerca de 7 a 15 gramas/dia
Fosfatos	Detergentes e urina humana	Cada ser humano elimina, em média, pela urina, 1,5 gramas/dia.
Sulfatos	Urina humana	-
Carboidratos	Urina humana	-
Uréia, amoníaco e ácido úrico	Urina humana	Cada ser humano elimina de 14 a 42 gramas de uréia por dia.
Gorduras	Cozinhas e fezes humanas	-
Substâncias córneas, ligamentos da carne e fibras vegetais não digeridas.	Fezes humanas	Vão se constituir na porção de matéria orgânica em decomposição, encontrada nos esgotos
Porções de amido (glicogênio, glicose) e de proteicos (aminoácidos, proteínas, albumina)	Fezes humanas	Idem
Urobilina, pigmentos hepáticos etc.	Urina humana	Idem
Mucos, células de descamação epitelial	Fezes humanas	Idem
Vermes, bactérias, vírus, leveduras etc.	Fezes humanas	Idem

Fonte: JORDÃO; VOLSCHAN JUNIOR (2009).

2.12 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Jordão e Volschan Junior (2009) afirma que parte do dimensionamento hidráulico-sanitário do sistema de esgotamento sanitário é constituído pelos processos de tratamento e deve ocorrer em função das características quantitativas e qualitativas do esgoto, pois há processos que requerem maior ou menor área superficial. A Tabela 5 indica alguns requisitos de área superficial de cada processo de tratamento, a mesma é uma adaptação da tabela apresentada por Jordão e Volschan Junior (2009).

Tabela 5 - Área superficial específica para cada sistema

Sistema de tratamento	Requisito em Área (m ² /hab)
Reator UASB	0,03 - 0,10
Tanque (Fossa) Séptico + Filtro Anaeróbico	0,20 - 0,35
Reator UASB + Filtro Anaeróbico	0,05 - 0,15
Lodos Ativados por Aeração Prolongada	0,12 - 0,25
Lodos Ativados por Batelada	0,12 - 0,25
Reator UASB + Lodos Ativados Convencional	0,08 - 0,20
Reator UASB + Filtro Biológico Percolador	0,10 - 0,20
Reator UASB + Filtro Biológico Contato (Biodisco)	0,15 - 0,25
Reator UASB + Filtro Aerado Submerso	0,05 - 0,15

Fonte: JORDÃO; VOLSCHAN JUNIOR (2009).

Para a realização de um pré-dimensionamento da unidade de tratamento, é necessário a utilização de parâmetros que regem os processos de tratamento das águas residuárias, que vão indicar as formas de avaliação para cada tratamento.

As formas de avaliação e suas unidades estão apresentadas na Tabela 6, COSTA E TELLES (2007).

Tabela 6 - Parâmetros e formas de avaliação para escolha do sistema empregada

Parâmetros e formas de avaliação para escolha do sistema empregada		
Parâmetros	Forma de Avaliação	Unidade
Área Ocupada (1*)	Área ocupada pela ETE / N° de habitantes atendidos	m²/hab
Custo de implantação (2*)	Custo / n° de habitantes atendidos	R\$/hab e/ou US\$/hab
Potência instalada (3*)	Potencia instalada / N° de habitantes atendidos	Kw/hab
Consumo de Energia (4*)	Consumo anual de energia elétrica / N° de habitantes atendidos	Kwh/hab.ano
Produção de lodo (5*)	Lodo produzido por dia / N° de habitantes atendidos	gSST/hab.dia
Remoção de nutrientes (6*)	Nitrogênio e fósforo	Alta (> 80%) média (50 a 80%) baixa (<50%)
Eficiência e confiabilidade do sistema (7*)	N° de amostra fora do padrão x 1000 / N° total de amostras	Adimensional
Simplicidade operacional (8*)	N° de funcionários x 1000 / N° de habitantes atendidos	Adimensional
Vida útil (9*)	N° de anos em que a ETE pode tratar a vazão nominal	Anos

Fonte: COSTA; TELLES (2007).

(1*) Depende da vazão nominal a ser tratada e da tecnologia empregada, é conveniente analisar a relação entre a área necessária e o número de habitantes atendidos.

(2*) Depende dos recursos financeiros, variando de acordo com a tecnologia escolhida, o grau de automação desejado, a vazão tratada e a eficiência desejada para o tratamento. Quantificação estabelecida pela relação entre o custo e o número de habitantes atendidos.

(3*) Em função do tipo de tecnologia escolhida, da carga orgânica dos esgotos a serem tratados e da vazão nominal do sistema. Avaliação numérica estabelecida pela relação entre a potência dos equipamentos eletromecânicos instalada e o número de habitantes atendidos.

(4*) De grande importância no custo operacional do sistema, pois depende da potência instalada e do período de funcionamento dos equipamentos. Avaliação feita pela relação entre o consumo anual de energia elétrica e o número de habitantes atendidos.

(5*) Fator de grande importância nos custos de operação do sistema. Depende fundamentalmente do tipo de tecnologia empregado, da carga orgânica, grau de eficiência desejado e vazão tratada. Avaliado pela relação entre a massa de sólidos produzida e o número de habitantes atendidos.

(6*) A presença de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo no esgoto tratado pode favorecer a eutrofização dos corpos de água receptores. Sua remoção, geralmente, é feita em unidades de tratamento complementares do processo ou através de estratégias operacionais específicas, interferindo nos custos de implantação e operação do sistema. Avaliado individualmente para cada parâmetro, classificando-se como altas as remoções superiores a 80%; médias, entre 50 e 80% e baixas, para valores inferiores a 50%.

(7*) O processo de tratamento deve garantir a eficiência desejada e os padrões de lançamento ao corpo receptor. Este indicador depende da frequência de análises realizada para a verificação da eficiência do processo e será avaliado pela porcentagem de amostra que respeitem aos padrões de lançamento.

(8*) Fácil manutenção e controle são fundamentais para o bom funcionamento da estação. Dependem da tecnologia empregada no tratamento e dos equipamentos incorporados no sistema. Em geral, quanto maior a automação na operação do sistema menor o risco, estando diretamente relacionado aos recursos financeiros. Indicador numérico adotado é a relação entre o número de funcionários necessários e o número de habitantes atendidos.

(9*) Depende da manutenção, da fiscalização do processo construtivo e da variação das condições ambientais interferentes. Parâmetro avaliado pelo número de anos em que a estação de tratamento cumpre com a eficiência necessária a vazão de esgoto gerado pela população atendida.

Costa e Telles (2011) citam que os parâmetros que devem ser considerados no dimensionamento do sistema de esgotamento sanitário nos processos tratamento do esgoto sanitário que são importantes e que devem ser relacionados aos seus conceitos, são os listados na Tabela 7.

Tabela 7 - Parâmetros referentes aos conceitos e importância

Parâmetros	Conceito	Importância
Sólidos	Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. São classificados de acordo com seu tamanho e estado, suas características químicas e sua decantabilidade.	Cor. Depósito de Iodo. Adsorção de poluentes. Proteção de patógenos. Turbidez
Indicadores de Matéria Orgânica	Matéria orgânica carbonácea: baseada no carbono orgânico (compostos de proteínas, carboidratos; gordura e óleo; uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas etc.). Classificam-se quanto à forma, tamanho e biodegradabilidade.	Consumo de oxigênio. Mortandade de peixes. Condições sépticas. Toxicidade. Odor.
Nitrogênio	Pode se apresentar como nitrogênio molecular (N ₂); nitrogênio orgânico; amônia a nitrato. Indispensável para o crescimento das algas (causa eutrofização) Nos processos de conversão da amônia a nitrito e posteriormente a nitrato, implica no consumo de oxigênio dissolvido.	Geração e controle da poluição das águas. Indispensável para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos. Implica no consumo de oxigênio e alcalinidade. Desnitrificação: implica na deterioração da sedimentabilidade do lodo.
Fósforo	Apresenta-se como: Ortofosfatos (diretamente disponíveis para o metabolismo biológico), tendo como principais fontes a água, o solo, detergentes, fertilizantes, despejos industriais e esgotos domésticos. Polifosfatos: moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforo. Transforma-se em ortofosfatos pela hidrólise. Fósforo orgânico: nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica.	Crescimento das algas. Estabilização da matéria orgânica.
Indicadores de contaminação fecal	Coliformes totais (Ct); coliformes fecais (Cf); e estreptococos fecais (Ef). Organismos patogênicos indicadores de contaminação fecal. Apresentação grandes quantidades nas fezes humanas e em animais de sangue quente. Resistência aproximadamente similar à maioria das bactérias patogênicas intestinais.	Deteção dos agentes patogênicos. Alto potencial para transmissão de doenças.

Fonte: COSTA; TELLES (2007).

Alguns tipos de impureza contida e/ou apresentada no esgoto doméstico exige maior importância nas diretrizes do tratamento escolhido, como é mostrado na tabela acima. Os principais parâmetros determinados para avaliar a qualidade das águas residuárias tratadas

para ser devolvidas aos corpos hídricos são: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e os coliformes fecais.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) corresponde à quantidade de oxigênio consumido na degradação da matéria orgânica por processos biológicos, sendo expresso em mg/l, ou seja, avalia o oxigênio dissolvido que será consumido pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica. O DBO₅ é um dos principais parâmetros caracterizado para saber a qualidade da água, ou seja, define a situação para estabilizar a matéria orgânica em 5 dias. De origem britânica, a “Royal Comission” escolheu cinco dias para a estimativa de DBO a 20 °C porque os rios britânicos possuem um tempo de escoamento até o mar inferior a cinco dias, por isso o nome de DBO₅.

Jordão e Volschan Junior (2009) afirmam que quanto maior a presença de matéria orgânica nos esgotos, maior a demanda por oxigênio para a sua estabilização biológica e maior a DBO. Quanto maior a Demanda Bioquímica de Oxigênio maior será seu índice de poluição. A Tabela a seguir indica as faixas usuais de concentração e carga unitárias per capita de matéria orgânica características de esgotos sanitários gerados em empreendimentos habitacionais.

Tabela 8 - Concentrações e cargas unitárias per capita de matéria orgânica dos esgotos sanitários de empreendimentos habitacionais

Matéria orgânica	mg/l	g/hab.d
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO	200-400	40-60

Fonte: JORDÃO; VOLSCHAN JUNIOR (2009).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, os rios são classificados em classes diferentes, em função de características físico-químicas e microbiológicas, e um dos parâmetros diferenciais é a DBO₅. Segundo esta Resolução, rios classe 1 devem apresentar DBO₅<3 mg/l⁻¹, rios classe 2 devem apresentar DBO₅<5 mg/l⁻¹ e rios classes 3 devem apresentar DBO₅<10 mg/l⁻¹ O₂.

Já os Coliformes Fecais, atualmente, chamado de Coliformes Termotolerantes são bactérias que estão presentes em grandes quantidades no intestino dos animais de sangue quente. Estes podem contaminar a água através das fezes de animais e chegam até a água por meio do despejo do esgoto que não foi adequadamente tratado. A classificação dos coliformes segundo SILVA (1997), apresenta o grupo de Coliformes totais que incluem as bactérias na forma de bastonetes Gram-negativos, não esporogênicos, aeróbios ou aeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35 °C. Apresenta-se

cerca de 20 espécies, dentre as quais encontram-se tanto bactérias originárias do trato intestinal de humanos e outros animais de sangue quente.

De acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, para as águas de classe 1 não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes fecais por 100 mililitros em 80%, para as águas de classe 2 não deverá ser excedido uma limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80%, para as águas de classe 3 não deverá ser excedido o número de coliformes fecais de até 4.000 por 100 mililitros em 80%.

2.13 TIPOS DE TRATAMENTO

Existem diversos tipos de tratamento, Lagoas de Estabilização, Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA), Fossas Sépticas e outros.

No nordeste brasileiro, especialmente na região em que se encontram os estados da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte, verifica-se de forma prática que os principais tipos de tratamento dos esgotos sanitários usados pelas Companhias de Água e Esgoto dos Estados brasileiros são o Reator Anaeróbio (Campina Grande), as Lagoas de Estabilização (João Pessoa, Natal, Barreiros e Nazaré da Mata) e os Tanques Sépticos (parte da cidade de Nazaré da Mata).

No Nordeste, recomenda-se o sistema de ação biológica que corresponde à lagoa de estabilização ou reator anaeróbio de fluxo ascendente, por ser uma região de clima quente que se localiza especificamente próximo a Linha do Equador (VAN HAANDEL; LETINGA, 1994).

2.13.1 Lagoa De Estabilização

Segundo Van Haandel; Letinga (1994) o processo de tratamento através de lagoa de estabilização é uma opção de tratamento biológico eficiente para tratar esgotos sanitários, devido à área requerida. No Brasil as condições climáticas são bastante favoráveis para a lagoa de estabilização, em especial nas áreas onde o custo do terreno é barato. A operação é simples e dessa forma, exige poucos equipamentos e sua manutenção é relativamente barata.

Geralmente não se faz uma lagoa isolada. A instalação do sistema de lagoas pode ser feitas de varias formas, dependendo do grau de eficiência desejado e da verba disponível pela implantação. Segundo Costa e Telles (2011), são discriminadas assim:

- **Lagoas facultativas:** requer uma grande área e é um processo de tratamento muito simples, baseado nos processos naturais de autodepuração. Nestas criam-se condições favoráveis à ocorrência distinta dos processos biológicos: anaeróbio na parte superior da lagoa e anaeróbio, para o material sedimentado no fundo da lagoa. O efluente entra por uma extremidade da lagoa e sai pela outra, com tempos de detenção calculados no projeto, de forma a garantir que o esgoto sofra os processos biológicos de estabilização. Quando bem projetada; a iluminação solar, as algas e a pressão atmosférica, garantem a zona aeróbia. Sua eficiência pode chegar a valores da ordem de 70 a 90 % na remoção de DBO, com grandes períodos de detenção, em geral de 15 a 20 dias.
- **Lagoas anaeróbias:** são lagoas com profundidades de ordem de 3 a 5 metros, cujo objetivo é minimizar ao máximo a entrada de oxigênio para que a estabilização da matéria orgânica ocorra estritamente em condições anaeróbias. Apresenta remoção de DBO entre 50 a 60%. Estas lagoas possuem uma área menor, pois são dimensionadas para altas cargas orgânicas. Além disso, se comparadas às lagoas facultativas têm maior profundidade, o que resulta em economia na área de implantação. O ambiente anaeróbio gera subprodutos de alto poder energético (biogás). Neste caso, o biogás não pode ser aproveitado e pode ser destacado como uma desvantagem, pois pode ser causado como uma desvantagem, pois pode ser causador de maus odores provenientes da liberação do gás sulfídrico e outros gases. Por este motivo, aconselha-se que tais lagoas sejam instaladas em áreas afastadas dos bairros residenciais.
- **Lagoas de maturação:** são lagoas com profundidades de 0,8 a 1,5 m e sua principal função é destruir os organismos patogênicos. Isso ocorre devido à boa penetração de radiação solar, elevado potencial Hidrogeniônico (pH) e elevada concentração de oxigênio dissolvido (CASAN, 2002). É uma alternativa mais barata a outros métodos como, por exemplo, a desinfecção por cloração.
- **Lagoa aerada:** a lagoa aerada pode ser utilizada quando se deseja um sistema predominantemente aeróbio e a instalação de uma lagoa facultativa convencional. Devido à introdução de equipamentos eletromecânicos, a

complexidade e manutenção operacional do sistema são aumentadas, além de haver consumo de energia elétrica.

A área necessária para instalação de uma lagoa de estabilização é superior ao dos reatores anaeróbios de fluxo ascendente (RAFA). De acordo com Costa e Telles (2011), as áreas necessárias para o tratamento de esgotos sanitários por sistemas de lagoas de estabilização, estão representadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Áreas necessárias para tratamento de esgotos sanitários por sistema de lagoas de estabilização

População (numero de habitantes)	Área necessária (m ²)	
	Lagoa anaeróbia + facultativa	Lagoa facultativa unicelular
1.000	2.260	2.600
1.500	3.390	3.900
2.000	4.520	5.200
2.500	5.650	6.500
3.000	6.780	7.800
3.500	7.910	9.100
4.000	9.040	10.400
4.500	10.170	11.700
5.000	11.300	13.000
10.000	22.600	26.000
15.000	33.900	39.000
20.000	45.200	52.000
50.000	113.000	300.000
	Critério: 1,74 m ² /hab + 30% = 2,26	Critério: 2,00 m ² /hab + 30% = 2,60

Fonte: CETESB (1990).

2.13.2 Reator Anaeróbio

O Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) é um biodigestor que, segundo Souza (1982), consiste basicamente de um tanque no fundo do qual se localiza o sistema biodigestor propriamente dito e, na parte superior, existe um sedimentador precedido de um sistema para a separação do gás. O resíduo líquido a ser tratado é distribuído, uniformemente, no fundo do reator e passa através de uma camada biológica de lodo, que transforma o material orgânico em biogás.

De uma forma geral, o funcionamento de um RAFA se dá pela entrada do fluxo de esgotos através de tubo na parte inferior e são direcionados para superfície do tanque. No perímetro do tanque existe uma calha coletora para coletar o efluente já tratado com ondulações (onde é lançada a matéria orgânica com DBO reduzido). Existem bactérias

anaeróbicas que vivem nesse tanque e promovem as reações necessárias para tratar o lodo orgânico. Para dar início ao tratamento é preciso colocar uma quantidade inicial de bactérias (promover um START no sistema). Essa quantidade inicial de matéria orgânica com as bactérias pode ser proveniente de outra fossa já em funcionamento (DELTA, 2011).

A temperatura exerce um papel fundamental na biodigestão anaeróbica. Os melhores resultados são atingidos na faixa de 28-34 °C. Abaixo de 22 °C decrescem consideravelmente as eficiências de remoção DBO, e acima de 34 °C o processo não é estável; no Brasil e em outros países de clima quente, normalmente não se requer aquecimento adicional do efluente ou do reator, o que é altamente recomendável em países de clima frio (PAPA; OROZCO, 2011).

De acordo com Papa e Orozco, (2010), o tratamento anaeróbico de efluentes é um processo de baixo custo, e encontra-se pronto para ser considerado como simples e confiável. As principais vantagens sobre os processos convencionais aeróbicos são a reduzida área necessária para implantação, menor consumo de energia, menor necessidade de nutrientes, e a possível utilização energética do biogás.

De acordo com Costa e Telles (2011), as áreas requeridas para o tratamento de esgotos através de reatores anaeróbios de fluxo ascendente em relação à população atendida estão dispostas na Tabela 10, abaixo.

Tabela 10 - Áreas e Volumes estimados requeridos no tratamento de esgotos domésticos por reatores anaeróbios de fluxo ascendentes

Áreas e volumes estimados requeridos no tratamento de esgotos domésticos por reatores anaeróbios de fluxo ascendente		
População (hab)	Área (m ²)	Volume (m ³)
1.000	7,5	25,0
1.500	11,3	37,5
2.000	15,0	50,0
2.500	18,8	62,5
3.000	22,5	75,00
3.500	26,3	87,5
4.000	30,0	100,0
4.500	33,8	112,5
5.000	37,5	125,0
10.000	75,0	250,0
15.000	112,5	375,0
20.000	150,0	500,0
50.000	375,4	1250,0
100.000	750,0	2500,0
Valores <i>per capita</i>	0,0075 m ² /hab	0,0250 m ³ /hab

Fonte: CETESB (1990).

2.13.3 Tanques Sépticos

Os tanques sépticos ou as fossas sépticas, como são mais conhecidos, têm sido empregados desde o século XIX, para uma solução de tratamento individual e localizado. São concebidos como unidades econômicas de tratamento primários de esgotos domésticos, fabricada por uma única câmara fechada, com finalidade de reter dejetos.

São bastante utilizadas, pois a instalação das fossas sépticas não requer áreas grandes e nem muitos recursos financeiros, sem mencionar que sua manutenção é simples de ser realizada. As mesmas podem ser de três tipos: câmara única; câmaras em série; e câmara sobreposta.

De acordo com a NBR 7.229 (ABNT, 1993) sua capacidade de retenção pode variar de 12 a 24 horas, dependendo das contribuições afluentes; a sedimentação de 60 a 70% dos sólidos em suspensão contidos nos esgotos e parte dos sólidos não decantados (óleos, graxas, gorduras etc.) se posiciona na superfície livre do líquido, denominado de “escuma”; com a digestão anaeróbia ocorre uma acentuada redução do volume dos sólidos (lodo), resultando gases e o efluente líquido.

Devido o processo ser anaeróbio há uma grande possibilidade de geração de maus odores, sendo evitado por um estudo prévio de projeto, planejamento e manutenção adequados. Há uma grande presença de coliformes fecais no líquido efluente da fossa séptica, pois possui uma DBO solúvel alta e, portanto requer cuidados especiais para disposição em corpos d’água.

Dessa forma, Costa e Teles (2007), afirmam que ao construir uma fossa séptica devem-se tomar alguns cuidados, de forma a não contaminar lençóis subterrâneos e poços de água próximos ao local de sua implantação.

Os parâmetros e critérios de projeto destas unidades são definidos e padronizados pela ABNT, NBR – 13969: Tanques Sépticos – Unidades de tratamento Complementar e Disposição final dos Efluentes Líquidos – Projeto, Construção e operação (ABNT, 1997).

2.14 QUANTIDADE DE ESGOTO

A quantidade de esgoto produzida por um determinado município é um fator que merece destaque, pois dependendo da eficiência ou não do sistema de esgoto sanitário do mesmo, as perspectivas de um elevado número de habitantes deste município que tende a aumentar com o desenvolvimento socioeconômico que o mesmo vai sofrendo ao longo dos

anos dentre eles a instalação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, fará com que a quantidade de esgoto seja um fator preocupante porque aumentará e se o mesmo não receber o tratamento adequado poderá causar sérios impactos ao meio ambiente.

O esgoto sanitário, segundo Jordão e Volschan Junior (2009), é expresso em termos de “vazões do esgoto” que corresponde à quantidade de esgoto gerada representada em litros ou metros cúbicos. Esta quantidade de esgoto vai depender da água que será consumida, uma vez que o esgoto só é gerado através do consumo da água.

Além do fato citado por Jordão e Volschan Junior (2009), a contribuição do esgoto gerado vai depender das condições locais da população de cada município como também dos coeficientes de variação de vazão e do clima presente. Vale salientar que um fator que influencia o consumo em “períodos quentes” da contribuição per capita é o coeficiente de retorno.

Gonçalves (2006) realizou estudos que demonstraram que o volume diário de esgoto gerado por um domicílio (L/d), que apresentam uma ocupação média de 4 habitantes, é dada pelos valores apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Volumes diários de esgotos gerados por um domicílio

Origem	Padrão socioeconômico da habitação		
	Alto	Médio	Baixo
Chuveiro	211	172	132
Lavatório	32	26	20
Bacia sanitária	205	166	128
Cozinha	45	36	28
Lavagem de roupa	147	120	92
Total	640	520	400

Fonte: JORDÃO; VOLSCHAN JUNIOR (2009).

2.15 COEFICIENTE DE RETORNO

O coeficiente de retorno é definido como a relação da quantidade de esgoto recebida e/ou gerada e a quantidade de água consumida. Estabelece uma proporção de retorno de 80% em relação à água afluenta. Dessa forma, entende-se que 20% do volume de água consumido não retornem ao sistema, e se perca, ou seja, por meios distintos como evaporação e infiltração no solo.

2.16 DISPOSIÇÃO FINAL

A disposição final do esgoto, geralmente, só acontece quando o mesmo passou pelos processos de tratamento e a mesma acontece diretamente no corpo d'água receptor mais próximo, fato este que pode interferir na qualidade da água deste corpo receptor.

De acordo com o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de Maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente:

Os efluentes de qualquer natureza somente poderão ser lançados nas águas interiores ou costeiras, superficiais ou subterrâneas, situadas no território do Estado, desde que não sejam considerados poluentes, na forma estabelecida no artigo 3º deste Regulamento.

Como forma de conter o processo de agressão ao meio ambiente o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), publicou a Resolução nº 357/2005 que estabelece alguns padrões sobre as qualidades das águas a serem despejadas nos corpos aquáticos. Estabelecendo uma classificação para as águas do tipo doces, salobras e salinas, como também determina alguns padrões de lançamentos, como qualidade da água antes e depois do lançamento, às necessidades da comunidade, o equilíbrio ecológico e os impactos ambientais que pode ocasionar nos corpos hídricos. A Resolução afirma ainda que o efluente lançado em um corpo receptor precisa manter sua qualidade compatível com os parâmetros nela estabelecidos. Logo, os diversos tipos de efluentes lançados diretamente nos corpos d'água acarretarão impactos ambientais nos ambientes aquáticos, alguns parâmetros de caracterização definem esses efeitos. Segundo Costa e Telles (2011), estes efeitos dos poluentes do esgoto no corpo d'água podem ser resumidos nos dados apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Efeitos dos poluentes do esgoto no corpo d'água

Poluentes	Parâmetros de Caracterização	Tipo de efluente	Impactos
Sólidos em suspensão	Sólidos em suspensão totais	Domésticos Industriais	Problemas estéticos Depósitos de lodo Adsorção de poluentes Proteção de patógenos
Sólidos flutuantes	Óleos e graxas	Domésticos Industriais	Problemas estéticos Se não removidos podem causar problemas do tratamento biológico, por asfixia do floco, no tratamento aeróbio.
Matéria orgânica biodegradável	Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	Domésticos Industriais	Consumo de oxigênio Mortandade de peixes Condições sépticas

Poluentes	Parâmetros de Caracterização	Tipo de efluente	Impactos
Patogênicos	Coliformes	Domésticos	Doenças de veiculação hídrica.
Nutrientes	Nitrogênio Fósforo	Domésticos Industriais	Crescimento excessivo de algas Toxicidade aos peixes Doença em recém-nascidos (nitratos)
Compostos biodegradáveis não	Pesticidas Detergentes Outros	Industriais Agrícolas	Toxicidade Espumas Redução de transferência de oxigênio Não-biodegradabilidade Maus odores
Metais pesados	Elementos específicos (ex.: arsênio, cádmio, cromo, mercúrio, zinco etc.)	Industriais	Toxicidade Inibição do tratamento biológico dos esgotos Problemas de disposição do lodo na agricultura Contaminação da água subterrânea
Sólidos inorgânicos dissolvidos	Sólidos dissolvidos totais Condutividade elétrica	Reutilizados	Salinidade excessiva – prejuízo às plantações (irrigação) Toxicidade a plantas (alguns íons) Problemas de permeabilidade do solo (sódio)

Fonte: Segundo COSTA; TELLES (2011).

Uma das formas de evitar lançar, os efluentes líquidos de esgoto em corpos hídricos é o aproveitamento dos efluentes tratados para fins de reuso na agricultura ou na irrigação de canteiros e parques públicos, por ser uma opção viável e ambientalmente correta. A Tabela 13 de acordo com Jordão e Pessoa (2005) mostra os graus, operação, processos e tecnologia de tratamento relacionado à sua eficiência de remoção em % relacionado ao DBO.

Tabela 13 - Graus, operações, processos e sistemas de tratamento – Eficiência de Remoção (%)

Grau de Tratamento	Sistemas de tratamento	Operação ou Processo	Eficiência de remoção (%)						Remoção Eficaz
			DBO	SST	NH ₃	N-t	P-t	Cterm ⁽⁸⁾	
Primário e Primário Avançado	Tanque (Fossa) Séptico	Físico: Sedimentação	30-40	40-50	<30	<30	<30	<1	-
	Decantação Primária Conv.	Físico: Sedimentação	30-40	40-50	<30	<30	<30	<1	-
	Decantação Primária Assistida	Fís-Quím: Sedimentação	50-70	60-80	<30	<30	70-90	~1	-
	Filtro Anaeróbio	Biológico: Anaeróbio	50-70	60-80	<30	<30	<30	1-2	-
	Reator UASB	Biológico: Anaeróbio	50-70	60-80	<30	<30	<30	1-2	-
	Lagoa Anaeróbia	Biológico: Anaeróbio	50-70	60-80	<30	<30	<30	1-2	-
Secundário	Reator UASB + Filtro Anaeróbio	Biológico: Anaeróbio	70-80	70-80	<30	<30	<30	1-2	DBO, SST
	Lagoa Facultativa ²	Biológico: Aeróbio/ Anaeróbio	70-80	70-80	<30	<30	<30	1-2	DBO, SST
	Lagoa Aerada Facultativa ²	Biológico: Anaeróbio	70-80	70-80	<30	<30	<30	1-2	DBO, SST
	Lagoa Aerada + Sediment. ²	Biológico: Anaeróbio	80-90	80-90	80-90	<60	<30	1-2	DBO, SST
	Lodos Ativos ^{3 4}	Biológico: Anaeróbio	80-90	80-90	80-90	<60	<30	1-2	DBO, SST
	Filtro Biológico Percolador ³	Biológico: Anaeróbio	80-90	80-90	60-80	<60	<30	1-2	DBO, SST
	Rotor Bio. de Cont. Biodisco ³	Biológico: Anaeróbio	80-90	80-90	60-80	<60	<30	1-2	DBO, SST
	Filtro Aerado Submerso ³	Biológico: Anaeróbio	80-90	80-90	80-90	<60	<30	1-2	DBO, SST
Terciário	Remoção Bio. de Nitrogênio ⁵	Biológico: Aeróbio/ Anaeróbio/Anox.	80-90	80-90	80-90	80-90	<30	1-2	NH ₃ e N-t
	Remoção Biológica de Fósforo ⁶	Biológico: Aeróbio/ Anaeróbio/Anox.	80-90	80-90	80-90	80-90	80-90	1-2	P-t
	Precipitação Química de Fósforo	Fís-Quím.: Coag.+Floc.+Sed.	80-90	80-90	80-90	80-90	80-90	~1	P-t
	Desinfecção	Físico e Químico	-	-	-	-	-	6-8	Cterm

Fonte: Adaptado de Jordão e Pessoa (2005) e Von Sperling (2005).

Observações:

(1) Precedido de Tanque (Fossa) Séptico

(2) Precedida ou não por lagoa Anaeróbia ou Reator UASB

(3) Precedido de Decantação Primária Convencional ou Assistida ou Reator UASB

(4) Modalidade por Aeração Prolongada ou por Batelada não requerem tratamento primário prévio

(5) por Lodos Ativados, Filtro Biológico Percolador (aeróbio) ou Filtro Aerado Submerso

(6) por Lodos Ativados

(7) por Coloração, Radiação UV, Ozonização ou Lagoa de Maturação

(8) Unidade logarítmica.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa caracterizou-se por ser uma análise das características pertinentes ao sistema de esgoto sanitário da cidade de Angicos/RN e por adotar o modelo descritivo e exploratório. Descritivo porque tem como um dos objetivos a descrição da atual situação dos serviços referentes às soluções adotadas pelos moradores para o esgoto sanitário gerado no município de Angicos e exploratória porque não se verificou a existência de estudos que abordassem esta temática de acordo com o ponto de vista da mesma.

A coleta de dados foi realizada através das pesquisas bibliográficas e de campo. Gil (2001) afirma que a pesquisa bibliográfica é aquela desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos e que a pesquisa de campo é a que focaliza uma comunidade, que não é necessariamente geográfica, já que pode ser uma comunidade de trabalho, de estudo, de lazer ou voltada para qualquer outra atividade humana.

3.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O presente estudo analisou a características e a situação atual do esgoto produzido no espaço urbano de Angicos/RN, sendo o período de análise a pesquisa de campo o mês de Novembro de 2011. O levantamento bibliográfico para a caracterização das unidades pertencentes ao tratamento de esgotos e também documental atemporal para as unidades do sistema e também para as características gerais do município de Angicos.

3.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Para a pesquisa proposta, a coleta de dados ocorreu através de pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e pesquisa de campo com base em entrevistas aos moradores, dos oito bairros da cidade de Angicos e também por observações feitas na cidade.

3.4 POPULAÇÃO E AMOSTRA

Os dados de campo foram obtidos a partir da pesquisa realizada na cidade de Angicos/RN, de acordo com o questionário constante no Apêndice A. A pesquisa foi realizada no período compreendido entre 03/11/2011 e 17/11/2011. O questionário utilizado para o desenvolvimento deste estudo possui um total de onze perguntas do tipo objetivas, aplicada em bairros da cidade escolhidos de forma aleatória localizada no município de Angicos - RN.

A população alvo a pesquisa de campo equivale a um total de 40 moradores da cidade de Angicos-RN. Efetuou-se o procedimento escolhendo as habitações de forma aleatória nos oito bairros, escolhendo cinco habitações em cada um dos bairros da cidade, tendo assim uma pequena amostra da população, para contemplar toda a área em estudo, de forma igualitária. Para os demais estudos, a população considerada foi a referente à sede municipal de Angicos.

3.5 TRATAMENTO DOS DADOS

O tratamento dos dados da pesquisa de campo seguiu a ótica do tipo de pesquisa quantitativa e qualitativa. Quantitativa, pois o processo envolveu diversos procedimentos como codificação das respostas, tabulação dos dados e análise e interpretação destes. E de forma qualitativa, pois serão utilizados procedimentos de identificação e caracterização, objetivando assim, obter maior clareza dos dados obtidos.

Já os demais dados foram referentes ao levantamento bibliográfico e projeções propostas, que foram baseadas nos estudos citados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE ANGICOS

De acordo com os dados de Moraes (2011) Anexo A, a cidade de Angicos apresenta um sistema público de abastecimento de água que não atende de forma satisfatória a população da cidade. As unidades do sistema são as seguintes:

- **Manancial:** O sistema é abastecido pela captação de água do Açude Armando Ribeiro Gonçalves localizado na cidade de Itajá, sendo responsável por abastecer 9 cidades e mais 32 comunidades rurais, com vazão total do sistema de: 195 l/s ou 702 m³/h.
- **Tratamento:** De acordo com a Companhia de Águas e Esgotos do RN (CAERN), dados referentes ao relatório anual 2011 – Qualidade da água de Angicos, o tratamento é realizado conforme os seguintes processos: Coagulação / Floculação, Decantação, Filtração, Desinfecção.
- **Adução de Água Tratada:** Após a passagem pela EETA-01 a água segue para a cidade de Angicos por meio de tubulação de ferro fundido de 400mm de diâmetro e sendo transportada por aproximadamente 31.000m sendo em parte por gravidade de conduto forçado e a outra parte por Adutora por recalque. Chegando à EETA-02 em Angicos e abastecendo os reservatórios da cidade com capacidade aproximada de 1.200 m³ de água. A quantidade de água que chega na cidade e o diâmetro da tubulação suportam facilmente as vazões de Projeto, e encontram-se em bom estado de conservação.
- **Reservação:** A reservação da cidade de Angicos é composta por dois reservatórios Elevados e um Apoiado sendo construídos de concreto armado. No ano de 1967 foram construídos os dois primeiros reservatórios de Angicos sendo um Elevado nomeado Elevado-01 com capacidade de 500 m³ e o outro um reservatório Apoiado com capacidade 150 m³, devido a demanda de abastecimento foi necessário a execução de outro reservatório Elevado nomeado Elevado-02 construído em 1986 com a capacidade de armazenagem de 500 m³ viabilizando assim uma melhoria tanto na vazão como na distribuição da Água na cidade.

- **Rede de Distribuição:** Não existem dados de projetos e cadastros disponíveis para consulta. Contudo, segundo informações obtidas pelos funcionários da CAERN, as expansões são feitas através de ramais, derivados da rede atual, sem nenhum projeto ou planejamento. Logo, são necessárias manobras constantes de rede para atender toda a população da cidade, em diferentes horários e dias. Os novos ramais são geralmente nos diâmetros de 25mm ou 32mm e atendem as áreas de expansão imobiliária da cidade. Vale salientar que a cidade de Angicos passa por um momento de crescimento imobiliário, motivado pela implantação da UFERSA, que trouxe para a cidade uma população adicional de aproximadamente 10% da população atual.

4.2 SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO DE ANGICOS

Na cidade de Angicos não existe nenhum sistema público de Esgoto Sanitário, logo as soluções geralmente adotados pela população constituem soluções individuais, tais como fossas sépticas e/ou lançamento na rua do esgoto não tratado.

O destino a céu aberto é preocupante, pois o esgoto a céu aberto é um agente disseminador de doenças de veiculação hídrica, a exemplo de cólera, diarreia e também contribui para a proliferação de mosquitos, moscas, ratos e baratas nas proximidades de residências.

A fim de obter medidas, visando prever as condições de qualidade, podem existir e/ou gerar impactos locais com a falta de um Sistema de Esgoto Sanitário (SES). A forma como o efluente é disposto no corpo d'água e no solo é um fator muito preocupante e dessa forma necessita de uma atenção para o município, visto que não existe nenhuma infra-estrutura sanitária para disposição final do efluente. A necessidade de tratamento e os métodos são fatores importantes, porém requer algumas limitações, como área disponível no local, tipo de tecnologia a ser empregada dentre outros.

Devido o município de Angicos não ter uma SES, a forma como o efluente é disposto no corpo d'água e solo acarretará sérios impactos ambientais, dependendo do tipo de poluente pode ter danos irreversíveis, tanto no corpo d'água como no solo.

Dentre esses impactos causados pela forma incorreta de disposição final de efluente pode-se citar: toxicidade devido a poluentes gerados por metais pesados, impermeabilidade do solo, mortalidade de peixes, maus odores, condições sépticas e crescimento excessivo de algas.

4.3 QUANTIFICAÇÃO DO ESGOTO GERADO

Para quantificar o esgoto gerado atualmente na cidade de Angicos, precisa-se definir alguns parâmetros, que serão utilizados no cálculo das vazões e contribuições domésticas. Os parâmetros estão em conformidade com o que indica na revisão da literatura e estão dentre os padrões usualmente utilizados no nordeste brasileiro.

4.3.1 Vazão de Infiltração

A quantidade de água infiltrada depende das características do solo (permeabilidade), da posição do nível do lençol de água relativamente à da canalização de esgotos e do material dos condutos e das estruturas dos poços de visita.

Dada à inexistência de qualquer sistema de medição do valor da infiltração nas tubulações de esgotos na cidade, é impossível o estabelecimento preciso de valores que possam traduzir o peso das infiltrações através dos poços de visita.

Na ausência de dados locais específicos, a norma brasileira NBR 9649, indica a faixa de valores de 0,05 a 1,0 l/s.km. Desta forma, considerando que a área possui um lençol freático elevado, será adotado no presente projeto o valor de 0,00060 l/s por metro de coletor; Contudo, como não tem como prever a quantidade de rede existente, utiliza-se o valor usualmente utilizado em estimativas que é de 20% da vazão média diária.

4.3.2 Carga Orgânica

Jordão e Volschan Junior (2009) afirmam que quanto maior a presença de matéria orgânica nos esgotos, maior a demanda por oxigênio para a sua estabilização biológica e maior a DBO. Quanto maior a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) maior será seu índice de poluição. A carga de DBO varia em cada país, de acordo com a Tabela abaixo (MENDONÇA, 1990).

Tabela 14 – DBO₅ em alguns países

País	DBO₅ (g/hab. dia).
Zâmbia	36
Quênia	23
Sudeste da Ásia	43
Índia	30 a 45
França (área rural)	24 a 34
Grã Bretanha	50 a 60
EUA	45 a 80
Holanda	54
Alemanha	54
Brasil	39 a 54

Fonte: MARA (1976), Apud ARCO PROJETOS (2005).

A quantidade de matéria orgânica (DBO) produzida por pessoa, por dia, varia de país para país, sendo a variação da contribuição “per capita” de DBO₅ no Brasil de 39 a 54 g/habxdia (MENDONÇA, 1990).

Para o projeto de esgotos sanitários da cidade de Angicos será utilizada uma contribuição “per capita” de **DBO₅ de 45 g/habxdia**, valor este que vem sendo adotado para outros projetos de esgotamento sanitário do Nordeste do País e nos Estado da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Para coliformes deverá ser admitido o valor de 5×10^7 NMP/100ml (ARCO PROJETOS, 2009). Este valor também está de acordo com a Tabela 6, que se refere a concentrações e cargas unitárias per capita de matéria orgânica dos esgotos sanitários de empreendimentos habitacionais, segundo JORDÃO e VOLSCHAN JUNIOR (2009).

4.3.3 Evolução das Contribuições Domésticas de Esgoto

No quadro a seguir, apresentamos as informações referentes ao índice de atendimento, população atendida e vazões geradas pela área em estudo, composta pela cidade de Angicos/RN. Para a definição da população atendida, levou-se em consideração os dados que são fornecidos no anexo 1. Para a vazão de contribuição per capita, considerou-se a taxa de demanda de água per capta adotada no referido estudo que foi de 150 l/s, aplicando a taxa de retorno de 80%, onde obtivemos a contribuição de efluente de esgotos per capta de 120 l/s. Observe que este valor está de acordo com a Tabela 15, que estima 400 lxdia/residência.

Tabela 15 - Evolução das Contribuições Domésticas de Esgoto – Área de Projeto

Ano	População (hab)		Per Capita (l/hab.dia)	Contribuições Domésticas (l/s)				Contribuição de Infiltração	Carga DBO5 (kg DBO5/dia) (5)
	Total	Esgotada		Mínima (1)	Média (2)	Max Diária (3)	Máx. Hor. (4)		
2011	11.711	11.711	120	6,51	13,01	15,61	23,42	2,60	15,61
2012	11.730	11.730	120	6,52	13,03	15,64	23,46	2,61	15,64
2013	11.750	11.750	120	6,53	13,06	15,67	23,50	2,61	15,67
2014	11.770	11.770	120	6,54	13,08	15,69	23,54	2,62	15,69
2015	11.789	11.789	120	6,55	13,10	15,72	23,58	2,62	15,72
2016	11.809	11.809	120	6,56	13,12	15,75	23,62	2,62	15,75
2017	11.829	11.829	120	6,57	13,14	15,77	23,66	2,63	15,77
2018	11.849	11.849	120	6,58	13,17	15,80	23,70	2,63	15,80
2019	11.869	11.869	120	6,59	13,19	15,82	23,74	2,64	15,82
2020	11.888	11.888	120	6,60	13,21	15,85	23,78	2,64	15,85
2021	11.908	11.908	120	6,62	13,23	15,88	23,82	2,65	15,88
2022	11.928	11.928	120	6,63	13,25	15,90	23,86	2,65	15,90
2023	11.948	11.948	120	6,64	13,28	15,93	23,90	2,66	15,93
2024	11.968	11.968	120	6,65	13,30	15,96	23,94	2,66	15,96
2025	11.988	11.988	120	6,66	13,32	15,98	23,98	2,66	15,98
2026	12.008	12.008	120	6,67	13,34	16,01	24,02	2,67	16,01
2027	12.028	12.028	120	6,68	13,36	16,04	24,06	2,67	16,04
2028	12.049	12.049	120	6,69	13,39	16,06	24,10	2,68	16,06
2029	12.069	12.069	120	6,70	13,41	16,09	24,14	2,68	16,09
2030	12.089	12.089	120	6,72	13,43	16,12	24,18	2,69	16,12

(1) – Qmínimo = Qmédia * 0,50

(2) – Qmédia = (Pop.Esgotada * per-capita /86.400) * 0,80

(3) – Qmáx. Diário= Qmédia * 1,2

(4) – Qmáx Horário = Qmédia * 1,2 * 1,5

(5) – Carga DBO5/dia = (Pop.Esgotada * 0,045)

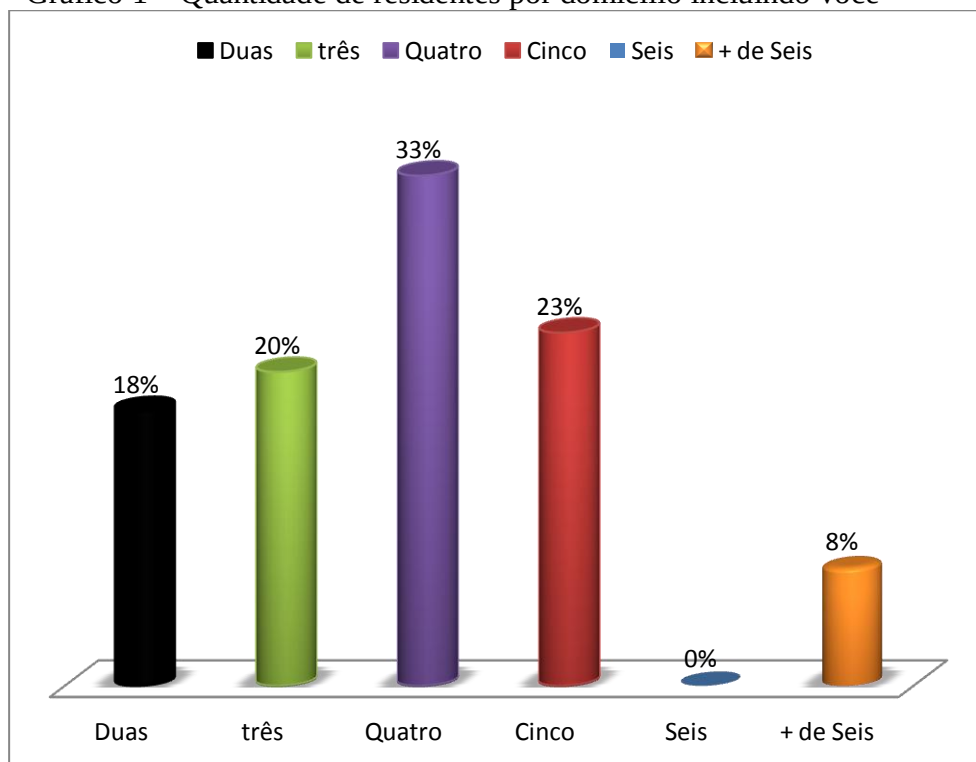
Fonte: Autoria Própria.

4.4 PESQUISA DE CAMPO

Com a finalidade de contextualizar a opinião dos moradores sobre os principais usos de água, situação atual de tratamento e destino final dos esgotos e interesse na implantação de um sistema público de coleta e tratamento de esgotos, foi elaborado um questionário com 11 perguntas, de forma a elucidar esta situação. Os resultados e análises efetuadas constam nos gráficos e tabelas apresentadas a seguir

Conforme os dados do Gráfico 1, a grande maioria dos entrevistados tem em suas residências entre três e cinco pessoas, característicos de populações de baixa renda, que possuem alta taxa de natalidade. Onde segundo a estatística 33% das residências amostradas residem quatro pessoas, seguidos por 23% das residências, com cinco pessoas e 20% das residências entrevistadas com três pessoas moradoras por casa. A grande concentração de pessoas em uma mesma unidade habitacional, muitas vezes em condições precárias é um dos grandes problemas sociais encontrados na cidade de Angicos. Salientamos que cerca de 70% das amostras situadas na área de pesquisa apresentam até quatro residentes por unidades habitacional.

Gráfico 1 – Quantidade de residentes por domicílio incluindo você

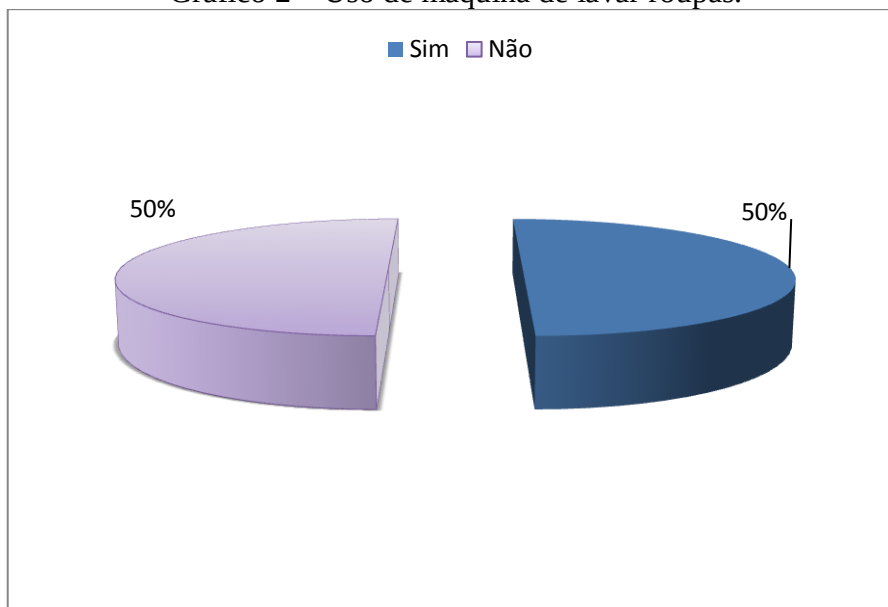


Resposta	Quantidade	% da amostra
Duas	7	18%
Três	8	20%
Quatro	13	33%
Cinco	9	23%
Seis	0	0%
+ de Seis	3	8%

Fonte: Autoria própria.

Como se pode observar pelos dados do Gráfico 2, as respostas possuem quantidades iguais para cada item, ou sejam 50% da amostra possui e/ou utiliza máquina de lavar roupas. Para as respostas referentes à opção Sim, foi perguntado sobre a frequência de como a máquina é usada, cujos dados são discutidos no gráfico 3.

Gráfico 2 – Uso de máquina de lavar roupas.

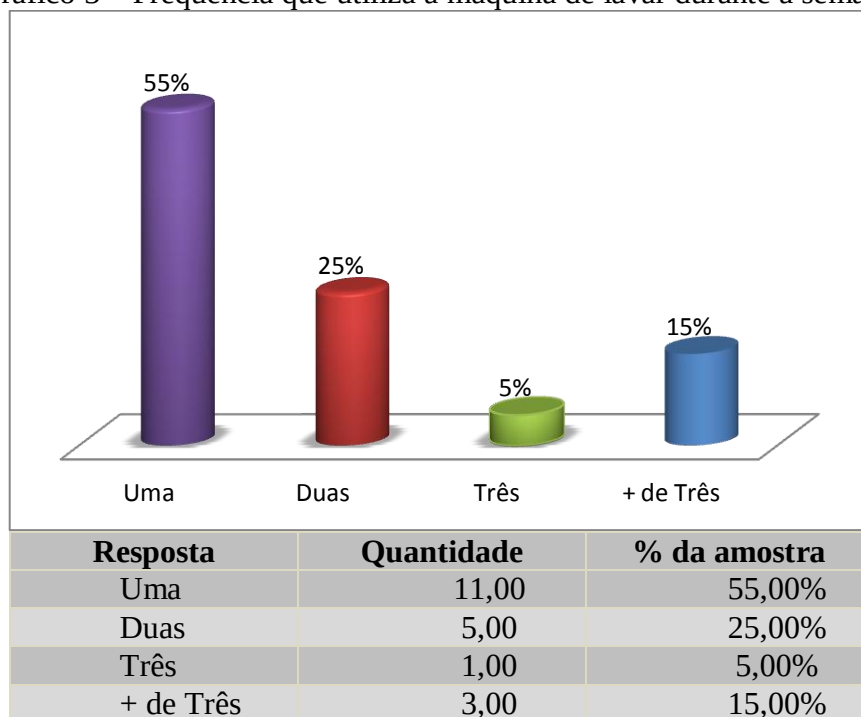


Resposta	Quantidade	% da amostra
Sim	20,00	50,00%
Não	20,00	50,00%

Fonte: Autoria própria.

Conforme os dados do Gráfico 3, a maioria dos entrevistados, ou seja, 55% da amostra que tem máquinas de lavar roupas utilizam ao menos uma vez na semana, seguido por 25% da amostra que usam duas vezes por semana. Um fato a ser destacado é que muitas vezes a máquina de lavar ela não é programada de forma correta pela quantidade e/ou grau de sujeira das roupas, fazendo com que o consumo de água aumente consideravelmente de forma a não se pensar em uma utilização sustentável. Outro fator relevante é que foi observado fora da pesquisa, é que muitas vezes o despejo é completamente incorreto, exposto a céu aberto.

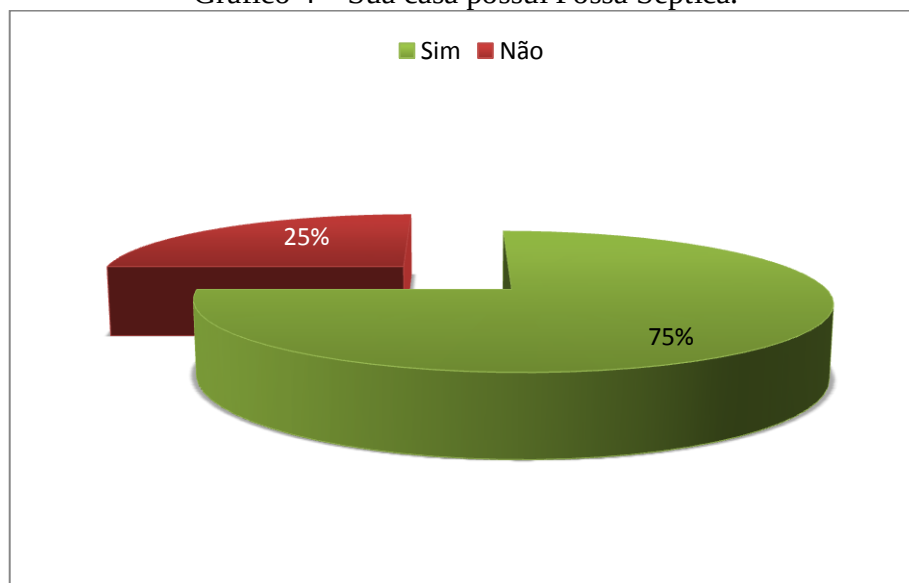
Gráfico 3 – Frequência que utiliza a máquina de lavar durante a semana.



Fonte: Autoria própria.

Observa-se que 75% da população amostrada possuem fossa séptica nas suas residências e que as maiorias dos efluentes gerados são depositadas na mesma como mostra no Gráfico 4. Um fator um pouco preocupante é que 25% da amostra não possuem fossa séptica nas suas residências e os efluentes e resíduos gerados nas suas casas são dispostos de forma inadequada e sem nenhum cuidado e/ou estudo, o que é um fator muito preocupante para a saúde dos mesmos e da população do entorno.

Gráfico 4 – Sua casa possui Fossa Séptica.

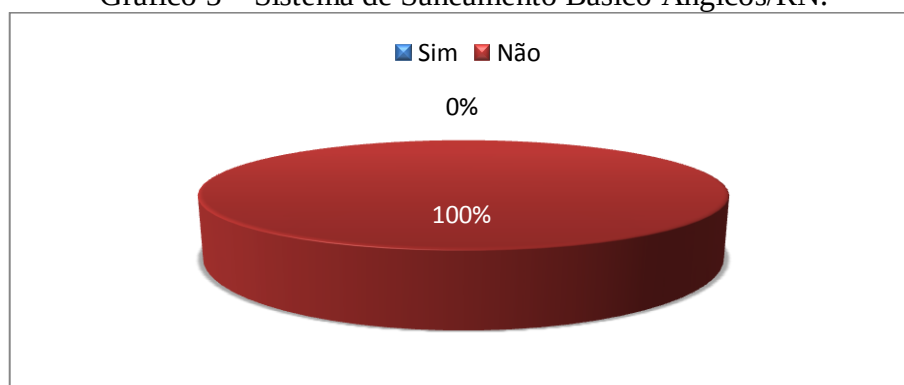


Resposta	Quantidade	% da amostra
Sim	30,00	75,00%
Não	10,00	25,00%

Fonte: Autoria própria.

Os dados apresentados no Gráfico 5, apresentam uma população amostrada com situação preocupante referente ao Sistema de Saneamento Básico, que inexistente na cidade. A implantação de um sistema é importante visto que abrange um conjunto de ações e diretrizes para o ambiente, no sentido de controlar doenças, promovendo saúde, conforto e bem estar.

Gráfico 5 – Sistema de Saneamento Básico Angicos/RN.

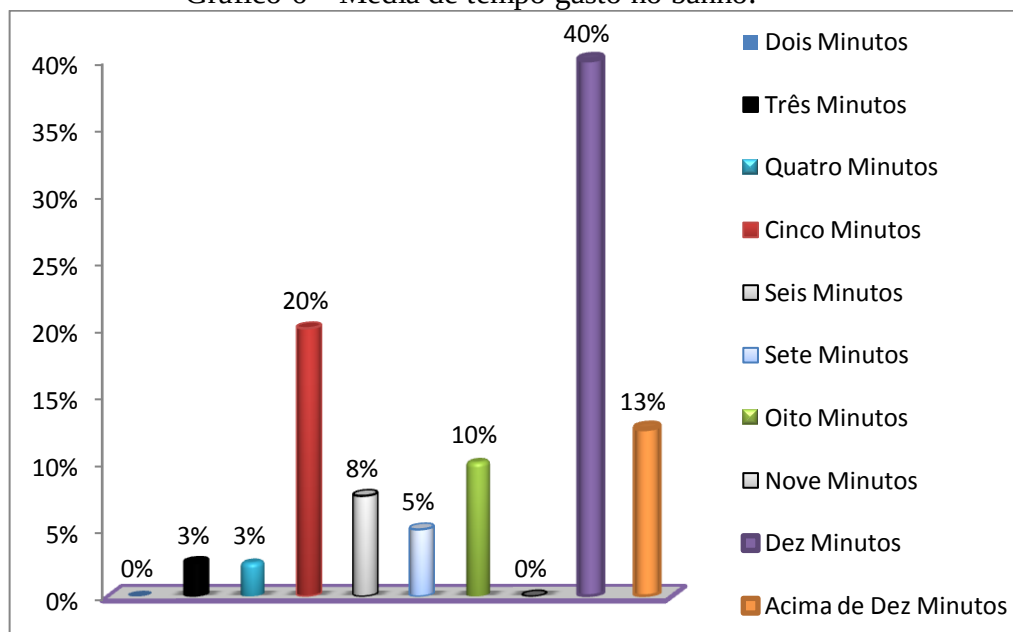


Resposta	Quantidade	% da amostra
Sim	0,00	0,00%
Não	40,00	100,00%

Fonte: Autoria própria.

Pode-se analisar no Gráfico 6, que 40% da população amostrada gastam, em média, presumíveis 10 minutos no banho, seguido por 20% da população que gastam em torno de 5 minutos. Devido o município ser localizado na região central do estado e a intensidade solar ser elevada, a necessidade de banho é indispensável, visto que esse tempo gasto no banho ajuda no aumento da geração de efluentes, onde muitas vezes os efluentes gerados são dispostos de forma incorreta e sem nenhuma preocupação com as consequências ambientais que esse impacto poderá gerar.

Gráfico 6 – Média de tempo gasto no banho.

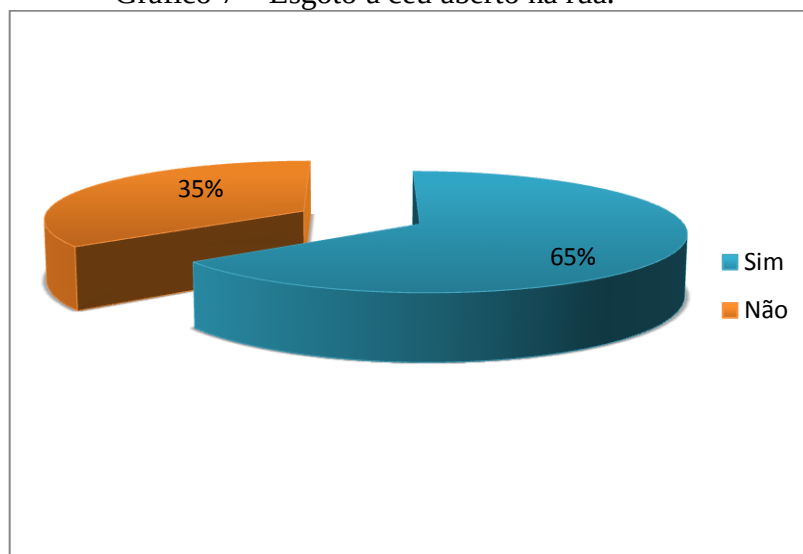


Resposta	Quantidade	% da amostra
Dois Minutos	0,00	0,00%
Três Minutos	1,00	3,00%
Quatro Minutos	1,00	3,00%
Cinco Minutos	8,00	20,00%
Seis Minutos	3,00	8,00%
Sete Minutos	2,00	5,00%
Oito Minutos	4,00	10,00%
Nove Minutos	0,00	0,00%
Dez Minutos	16,00	40,00%
Mais que dez Minutos	5,00	13,00%

Fonte: Autoria própria.

Pela análise do Gráfico 7, pode-se observar que 65% das ruas de Angicos possuem esgoto a céu aberto, um fator preocupante e de fundamental relevância pelos órgãos governamentais do município, pois é um fato de geração de doenças de veiculação hídricas como Amebíase, Cólera, Hepatite infecciosa, Gastroenterite e algumas verminoses, como Esquistossomose (xistosa), Ascaridíase (lombrigas) e Taeníse (solitária), gerando sérios riscos para a população.

Gráfico 7 – Esgoto a céu aberto na rua.



Resposta	Quantidade	% da amostra
Sim	26,00	65,00%
Não	14,00	35,00%

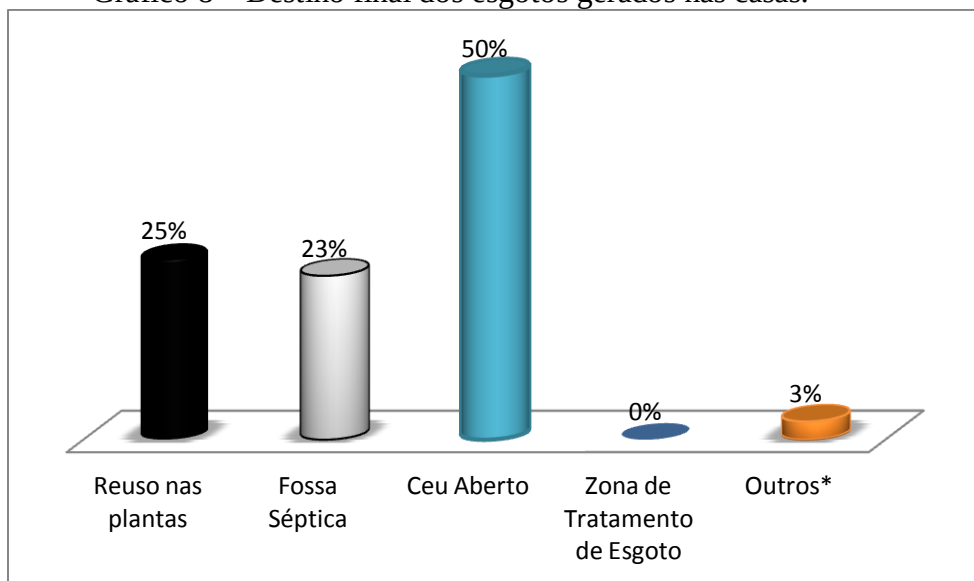
Fonte: Autoria própria.

Os dados apresentados no Gráfico 8, ressaltam que 50% dos efluentes gerados da população amostrada são dispostos a céu aberto nas ruas, seguido por 25% em reuso para regar as plantas dos jardins e quintais. Sabe-se que a população precisa ter consciência que a disposição dos efluentes a céu aberto acarretará em doenças de veiculação hídrica, por outro lado à reutilização, ou melhor, o reuso é uma das principais alternativas corretas para a disposição final dos efluentes de forma que seja estudado qual tipo de efluente será gerado, bem como o local onde será depositado o mesmo.

De acordo com os dados apresentados no estudo sócio econômico, cerca de 85% dos habitantes da cidade possuem renda de até 01 salário mínimo, o que demonstra a situação de carência financeira da maioria da população..

A tarifa mínima é de R\$ 4,84 para os enquadrados na tarifa social, que representa 0,89% do salário mínimo, a tarifa residencial popular é de R\$ 15,26, que representa 2,80% do salário mínimo e a tarifa residencial normal é de 24,02, que representa 4,41% do salário mínimo, sendo todos esses dados para o consumo mínimo de até 10 m³ de água. Vale salientar que de acordo com o estudo social, 44,25% da população da cidade de Angicos é classificada pelo IBGE como sem rendimento, e qualquer cobrança já é bastante onerosa em orçamentos tão limitados. Esse parâmetro é analisado no gráfico a seguir:

Gráfico 8 – Destino final dos esgotos gerados nas casas.



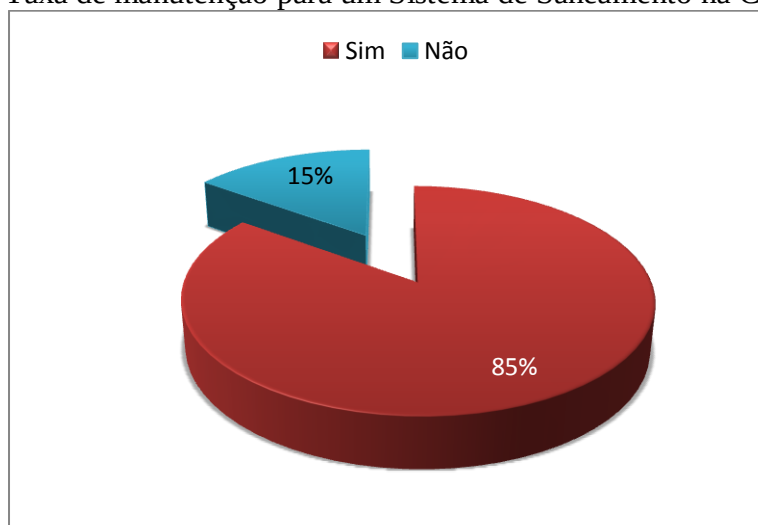
Resposta	Quantidade	% da amostra
Reuso nas Plantas	10,00	25,00%
Fossa Séptica	9,00	23,00%
Céu Aberto	20,00	50,00%
ZTE	0,00	0,00%
Outros *	1,00	3,00%

(*)despejado no açude mais próximo.

Fonte: Autoria própria.

Pode-se concluir sobre os dados do Gráfico 9, que 85% da população amostrada concordariam sim em pagar uma taxa de manutenção para um Sistema de Saneamento Básico, havendo um interesse por parte da população sobre um sistema de coleta e tratamento de efluente para o município. A existência de um sistema de coleta e tratamento no município seria de grande importância para a qualidade de vida e estrutura para o município, devido Angicos não ser 100% saneado, boa parte da população concordaria em uma taxa mensalmente para a manutenção do sistema.

Gráfico 9 – Taxa de manutenção para um Sistema de Saneamento na Cidade.

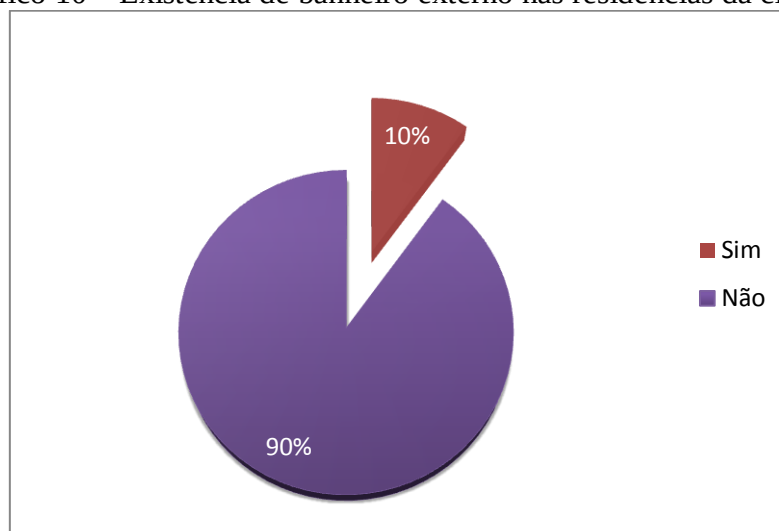


Resposta	Quantidade	% da amostra
Sim	34,00	85,00%
Não	6,00	15,00%

Fonte: Autoria própria.

Conclui-se através da análise dos dados do Gráfico 10 que 90% da população amostrada não possuem banheiro localizado fora de casa, ou melhor, na parte externa da casa. Uma estatística considerada ótima referente à população amostrada, pois com a existência dos banheiros localizados na parte externa da casa e sem a preocupação das ligações das tubulações para uma rede de destino final a ocorrência de fatores de veiculação hídrica poderá ser um fator preocupante, visto que Angicos hoje uma pequena parte da população tem e/ou apresenta esse risco. Podendo haver um projeto através da ação comunitária ou serviço social da cidade para uma reestruturação nessa pequena parte da população, ou seja, 10% que vive com a existência de banheiros externos.

Gráfico 10 – Existência de banheiro externo nas residências da cidade.

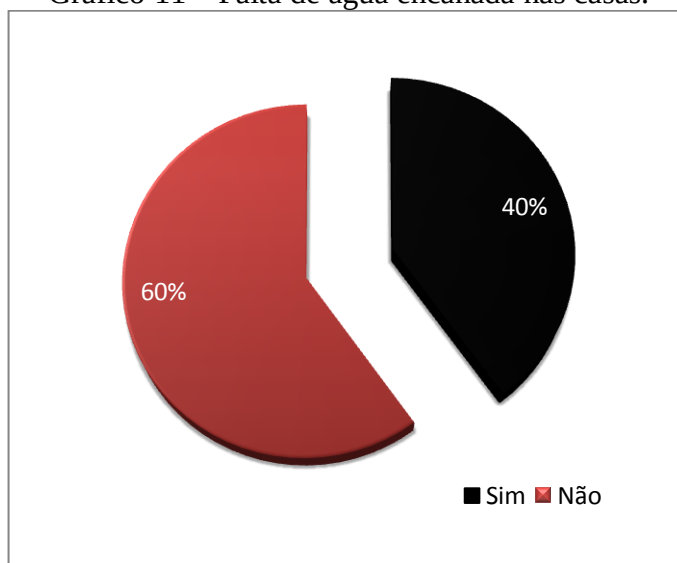


Resposta	Quantidade	% da amostra
Sim	4,00	10,00%
Não	36,00	90,00%

Fonte: Autoria própria.

Como pode-se observar na análise do Gráfico 11, 40% da população amostrada sofre com a falta de água no município. A Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN) é a responsável pela distribuição de água encanada para as casas do município, devido à instalação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido na cidade de Angicos, pode-se inferir que houve um crescimento significativo no aumento do consumo de água e este pode ser um dos motivos que geram essa falta onde o racionamento da água poderá ser uma consequência para o mesmo.

Gráfico 11 – Falta de água encanada nas casas.



Resposta	Quantidade	% da amostra
Sim	16,00	40,00%
Não	24,00	60,00%

Fonte: Autoria própria.

4.5 ANÁLISE DE ALTERNATIVAS PARA O SISTEMA DE ESGOTOS SANITÁRIOS DA CIDADE DE ANGICOS/RN

O município de Angicos está localizado na região central do estado do Rio Grande do Norte, e de acordo com os dados do (IDEMA, 2008) corresponde um percentual de 1,40% da área total do Estado.

Como a água é um recurso necessário a todos os aspectos da vida e ao desenvolvimento das atividades humanas. Embora exista em abundância na Terra, cobrindo 71% da superfície terrestre (MOTA, 1997), a mesma é escassa em muitas áreas, devido a sua má distribuição e às perdas, assim como por causa da degradação antrópica.

Os aspectos geológicos característicos do município, de acordo com dados colhidos de estudos anteriores (IDEMA, 2008), são caracterizados por rochas do embasamento cristalino onde a porção oeste do município é representada pelo grupo Seridó de idade pré-cambriana superior entre 1.100 milhões de anos, tendo como características dos solos predominantes do tipo textura média/argilosa, arenosa/argilosa e arenosa/média, fase pedregosa e rochosa.

Essas características particulares, existentes no município, combinadas com o estudo do solo predominante, bem como a localização geográfica em que o município se encontra, se

constituem fatores importantes para análise de alternativas para o sistema de esgoto sanitário, ou seja, apresentar clima quente durante praticamente todos os meses do ano.

Com base nesses dados, pode-se propor sugestões de dois tratamentos associados para uma melhor eficiência no município de Angicos. Segundo Jordão e Pessoa, (2005) são discriminados assim:

- Lagoa Anaeróbia + Facultativa: Eficiência na remoção da lagoa anaeróbia estando em grau de tratamento primário e primário avançado varia entre 50 a 70 % de DBO, já se associando ao grau de tratamento secundário utilizando a tecnologia de tratamento de lagoa facultativa essa eficiência passa de 70 a 80% de DBO.
- RAFA + Facultativa: Eficiência na remoção do Reator RAFA em grau de tratamento primário e primário avançado varia entre 50 a 70 % de DBO, já se associando ao grau de tratamento secundário utilizando a tecnologia de tratamento de lagoa facultativa essa eficiência passa de 70 a 80% de DBO.

Como o município apresenta características de solo não permeável e de muitas rochas, por serem caracterizadas de solo pedregoso em boa parte do município, as fossas sépticas coletivas não seriam uma boa opção para o sistema de esgotamento sanitário. Pelo fato de possuir alguns possíveis impactos negativos causados ao meio ambiente, dentre eles a possibilidade de contaminação de lençóis freáticos e sua baixa eficiência em remoção de DBO_5 , aliado ao alto custo de escavação, devido a grande presença de rochas, e ainda a baixa permeabilidade do solo, está-se descartando a alternativa composta para fossas sépticas.

O estudo prévio do local de tratamento é um fator de muita importância, pois influencia diretamente na concepção do sistema. Dessa forma utilizamos a planta planialtimétrica do município de Angicos disponibilizada pela CAERN que se encontra em Anexo B, a fim de estudar as áreas disponíveis que o município dispõe para detectarmos possíveis alternativas de esgotamento sanitário, bem como as curvas de níveis caracterizadas pelo estudo geológico e solo do município.

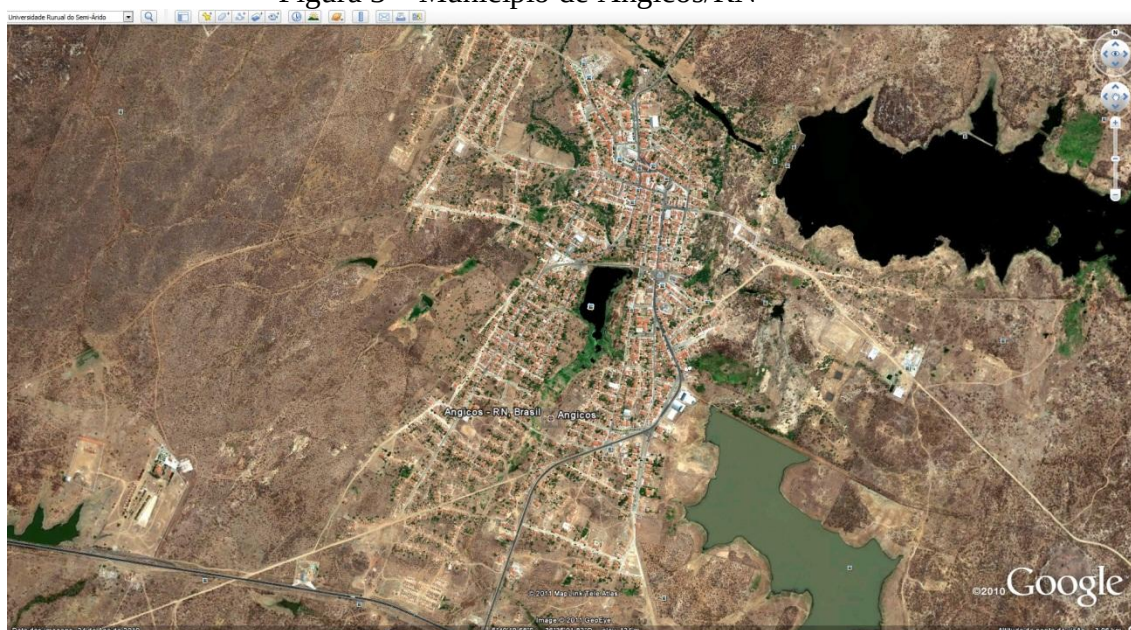
Assim utilizou-se alguns critérios para escolha, dentre eles a direção do vento, um fator muito importante, pois devido alguns sistemas utilizarem meios anaeróbios, ou seja, sem a presença de oxigênio e que possuem microorganismos que decompõe a parte sólida composta no efluente, causando à liberação de maus odores como é o caso do CO_2 .

Dessa forma, com a análise combinada da planta planialtimétrica e a imagem capturada por satélite pode-se identificar possíveis locais, ou melhor, áreas que seriam

adequadas para a localização da possível estação de esgotamento sanitário. É importante ressaltar que a análise foi efetuada apenas na região que possui curvas de nível na planta planialtimétrica da cidade. Conforme pode-se observar, existe uma região não contemplada pelo levantamento topográfico disponibilizado, e dessa forma, foi deixada de fora da análise.

Utilizou-se também a planta planialtimétrica para analisar as curvas de níveis presentes no do município e o programa Google Earth para identificação e clareza no estudo. A Figura 3 apresenta uma visualização via satélite da cidade de Angicos capturada pelo programa da Google Earth com uma altitude de ponto de visão entre 3.96 km a 900 m.

Figura 3 – Município de Angicos/RN



Fonte: Google Earth – imagem capturada pelo satélite no dia 24 de Agosto de 2010. Acessada no dia 07/12/2011.

Usando alguns os critérios de análise que se apresenta em detalhes em cada área escolhida como, as curvas de nível determinada pela planta planialtimétrica do município localizada em anexo de cada área, prós e contras e o motivo da escolha do local.

Com base nos argumentos apresentados acima, identificou-se três possíveis áreas de estudo para a localização da estação de tratamento de esgotos, que foram: Área 1; Área 2; Área 3.

A Figura 4 mostra as áreas selecionadas na imagem capturada por satélite do Google Earth.

Figura 4 – Município de Angicos/RN e possíveis alternativas de áreas para o esgoto sanitário da cidade.



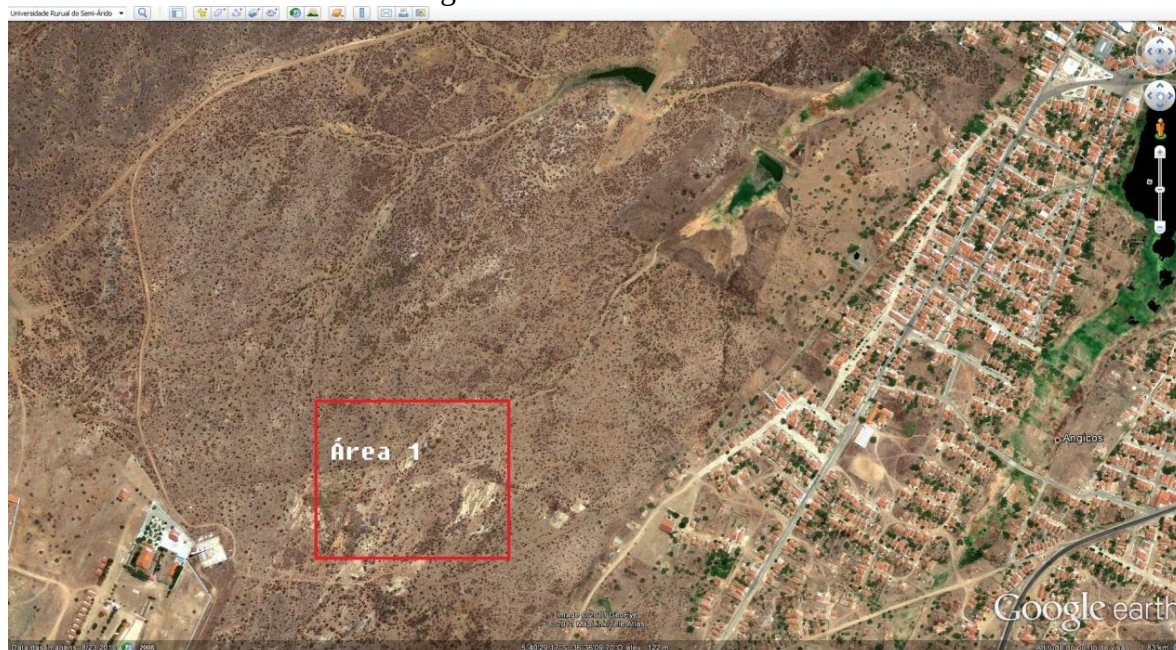
Fonte: Google Earth – imagem capturada pelo satélite no dia 24 de Agosto de 2010. Acessada no dia 07/12/2011.

4.6 ESTUDOS DE CASO

4.6.1 Área 1

Está localizada acerca de aproximadamente 1 471,92 metros de distância do centro da cidade, com latitude de aproximadamente 5° 40' 29,17" Sul e longitude de 36° 36' 09,70" Oeste. Apresenta curvas de níveis variando entre 130m a 137m de elevação, conforme pode ser visualizado na Figura 5 a seguir:

Figura 5 – Área 1 escolhida.



Fonte: Google Earth – imagem capturada pelo satélite no dia 24 de Agosto de 2010. Acessada no dia 07/12/2011.

A análise dessa área apresenta como fatores positivos o fato de estar localizada distante da cidade e dos bairros. O vento direcionado para o oeste da cidade evita os incômodos com o mau cheiro gerado pelo CO₂. Apresenta curvas de níveis aparentemente satisfatórias, com leve inclinação, o que facilita a passagem de efluentes tratados na combinação de um sistema primário seguido de um secundário. Tem-se um corpo hídrico (açude) que não é utilizado para abastecimento humano e poderá ser feita a disposição final após o tratamento do efluente. Visto que se tem que analisar as condições do mesmos para saber se é adequado de acordo com a Resolução do CONAMA nº 357/2005.

Já pelo lado restritivo, tem-se que, de acordo com o mapa geológico do município, o terreno localiza-se em uma área com ocorrência moderada de rocha, o que poderia acarretar altos custos de escavação, e também se apresenta em uma cota relativa alta em relação à cidade, o que poderá aumentar os custos com o bombeamento hidráulico dos efluentes.

Corpo Receptor.

De acordo com a área disponível para a instalação de uma alternativa para o sistema de esgotamento sanitário na cidade de Angicos/RN o açude que chamamos de Açude 1 localizado na Figura 6 poderá servir como corpo receptor.

Figura 6 – Área 1 e Açude 1 como receptor.



Fonte: Google Earth – imagem capturada pelo satélite no dia 24 de Agosto de 2010. Acessada no dia 07/12/2011.

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 357/2005, apresenta algumas classe dentre elas a classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) À proteção das comunidades aquáticas;
- c) À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) À aquicultura e à atividade de pesca.

Ainda de acordo com a Resolução do CONAMA nº 357/2005, a qualidade do efluente lançado em um corpo receptor precisa manter sua qualidade compatível com os parâmetros nela estabelecidos.

4.6.2 Área 2

Está localizada acerca de aproximadamente 1 251,91 metros de distância do centro da cidade, com latitude de aproximadamente 5° 40' 11,95" Sul e longitude de 36° 36' 34,71" Oeste. Apresenta curvas de níveis variando entre 117m a 123m de elevação.

A Figura 7 mostra a Área 2 escolhida através de critérios.

Figura 7 – Área 2 escolhida.



Fonte: Google Earth – imagem capturada pelo satélite no dia 24 de Agosto de 2010. Acessada no dia 07/12/2011.

Critérios.

- **Prós:**
 - Vento direcionado para Oeste da Cidade.
 - Evita os incômodos com o mau cheiro gerado pelo CO₂.
 - Apresenta curvas de níveis aparentemente satisfatórias para a elaboração de uma alternativa de esgotamento sanitário no local, relativamente planas, com leve inclinação em direção ao corpo hídrico.
 - Próximo, tem-se um corpo receptor onde poderá fazer a disposição final após o tratamento do efluente.
- **Contra:**
 - O terreno apresenta-se na mesma região geológica já comentada na área 1
 - Localiza-se próximo de um bairro da cidade.
 - Mesmo com direcionamento do vento para oeste da cidade poderá gerar incomodo aos moradores do bairro Alto da Esperança com o mau cheiro gerado pelo CO₂, bem como a desvalorização imobiliária das residências localizadas nas proximidades.

Corpo Receptor.

De acordo com a área disponível para a instalação de uma alternativa para o sistema de esgotamento sanitário na cidade de Angicos/RN o açude que chama-se de Açude 2 localizado na Figura 8, poderá servir como corpo receptor

Figura 8 – Área 2 e Açude 2 como receptor.



Fonte: Google Earth – imagem capturada pelo satélite no dia 24 de Agosto de 2010. Acessada no dia 07/12/2011.

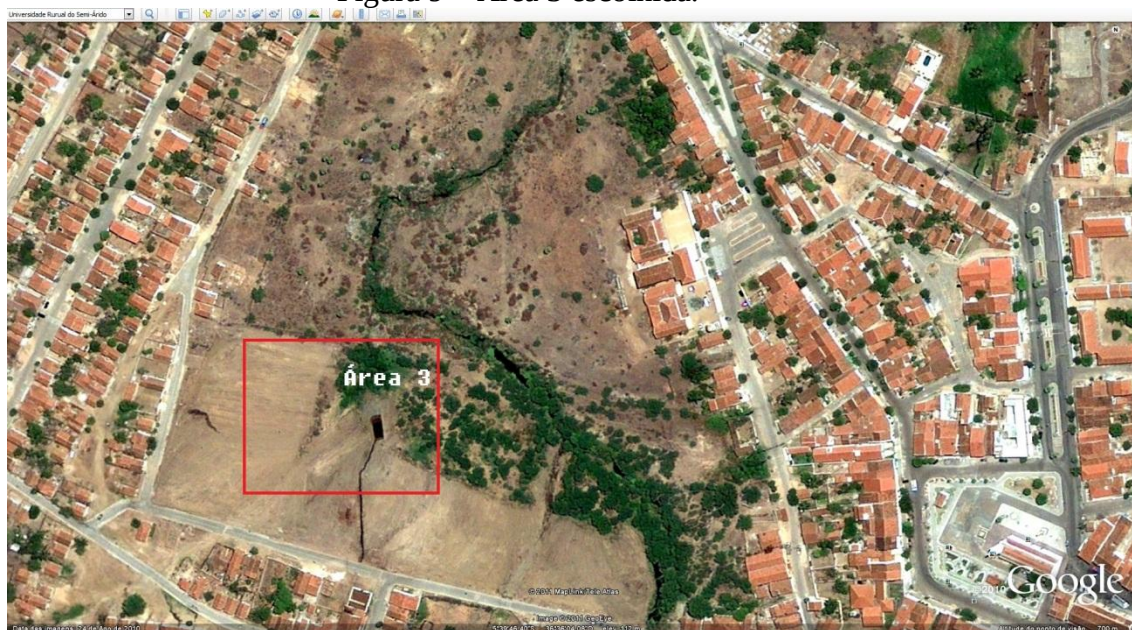
De acordo com a Resolução do CONAMA nº 357/2005, apresenta algumas classes, dentre elas a classe 2 que podem ser destinadas:

4.6.3 Área 3

Está localizada acerca de aproximadamente 388,21 metros de distância do centro da cidade, com latitude de aproximadamente 5° 39' 41,05" Sul e longitude de 36° 36' 18,19" oeste. Apresenta curvas de níveis variando entre 95m a 105m de elevação.

A Figura 9 mostra a Área 3 escolhida através de critérios.

Figura 9 – Área 3 escolhida.



Fonte: Google Earth – imagem capturada pelo satélite no dia 24 de Agosto de 2010. Acessada no dia 07/12/2011.

Critérios.

- **Prós:**

Próximo encontra um córrego onde poderá fazer a disposição final após o tratamento do efluente.

Apresenta curvas de níveis baixas, o que proporciona uma situação mais favorável ao transporte de esgotos por gravidade, diminuindo assim os custos com bombeamento.

- **Contra:**

Localiza-se muito próximo do centro da cidade, em uma região densamente ocupada com populacional já consolidada.

Mesmo com direcionamento do vento para Oeste da cidade poderá gerar incomodo aos moradores dos bairros Centro e Alto da Alegria com o mau cheiro gerado pelo CO₂.

Por ser um dos locais mais baixos da cidade, aparentemente apresenta uma inclinação aonde às águas pluviais se encontram. Tornando um fator muito negativo.

A área é relativamente pequena em relação às outras alternativas.

Corpo Receptor.

De acordo com a área disponível para a instalação de uma alternativa para o sistema de esgotamento sanitário na cidade de Angicos/RN o Córrego que chamou-se de Córrego 3 localizado na Figura 10, onde o efluente depois que tratado poderá ser lançado neste corpo receptor como destino final.

Figura 10 – Área 3 e Córrego 3 como receptor.



Fonte: Google Earth – imagem capturada pelo satélite no dia 24 de Agosto de 2010. Acessada no dia 07/12/2011.

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 357/2005, a qualidade do efluente lançado em um corpo receptor precisa manter sua qualidade compatível com os parâmetros nela estabelecidos. Para isso precisava-se fazer um estudo mais profundo sobre os parâmetros de qualidade e se será realmente possível utilizar os corpos receptores como destino final.

4.7 TIPOS DE SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS ADOTADOS PARA ANÁLISE

De acordo com Borsoi (1997), a implantação de uma estação de tratamento de esgotos tem por objetivo a remoção dos principais poluentes presentes nas águas residuárias, retornando-as ao corpo d'água sem alteração de sua qualidade.

A escolha do sistema de tratamento é função das condições estabelecidas para a qualidade da água dos corpos receptores. De acordo com a Resolução do CONAMA nº

357/2005 essa classificação se dá pela qualidade dos corpos receptores e define o padrão para tratamento do efluente.

Como o município de Angicos está situado na região central do Rio Grande do Norte e a intensidade solar devido está próximo da Linha do Equador se torna um fator positivo para o estudo da análise de alternativas para o Sistema de Esgoto Sanitário na cidade.

Borsoi (1997), ressalta que o tratamento biológico é a forma mais eficiente de remoção da matéria orgânica dos esgotos. O próprio esgoto contém, grande variedade de bactérias e protozoários para compor as culturas microbiais mistas que processam os poluentes orgânicos. O uso desse processo requer o controle da vazão, a recirculação dos microorganismos decantados, o fornecimento de oxigênio e outros fatores. Um dos fatores que mais afetam o crescimento das culturas é a temperatura.

De acordo com Borsoi (1997), a quantidade total de esgoto a ser tratado em um sistema é função da população e da indústria local a serem atendidas durante um período de 20 anos, analisando a possibilidade de implementação em etapas. Ademais, devem ser consideradas as infiltrações da água de chuva e do lençol freático. O volume de esgoto produzido por ano pode ser controlado pelas vazões obtidas nos medidores instalados em pontos determinados do sistema, especialmente na entrada das estações de tratamento.

Através do estudo da região como área disponível e relevo, conseguiu-se analisar os tipos de tratamentos associados de cada sistema de tratamento. Analisou-se 2 tipos de sistemas de tratamentos dessa forma:

4.7.1 Sistemas de Tratamentos 1

Lagoa Anaeróbia associada à Lagoa Facultativa.

Lagoa Anaeróbia

De acordo com Costa e Telles (2011), são lagoas com profundidades de ordem de 3 a 5 metros, cujo objetivo é minimizar ao máximo a entrada de oxigênio para que a estabilização da matéria orgânica ocorra estritamente em condições anaeróbias (sem a presença de oxigênio).

De acordo com Jordão e Pessoa (2005) essa eficiência no grau de tratamento primário e primário avançado tem um processo de eficiência de remoção em torno de 50 a 70% de DBO.

Lagoa Facultativa

De acordo com Costa e Telles (2011), é o processo de tratamento muito simples, baseado nos processos naturais de autodepuração. O efluente entra por uma extremidade de lagoa e sai pela outra, com tempos de detenção calculados no projeto de forma a garantir que o esgoto sofra os processos biológicos de estabilização.

De acordo com Jordão e Pessoa (2005) a eficiência na remoção de DBO varia entre 70 a 80%.

4.7.2 Sistemas de Tratamento 2

Reator RAFA associada à Lagoa Facultativa.

Reator RAFA

De acordo com a empresa DELTA Saneamento Ambiental 2011, o Reator UASB – Reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA). É um tanque de fibra com medidas e formato específico, totalmente fechado, onde é lançado o esgoto doméstico. É um método econômico e muito eficiente que trabalha com bactérias anaeróbias (que não precisam de oxigênio para sobreviver), o que faz com que não seja necessário nenhum sistema de ventilação. O fluxo hidráulico funciona por gravidade, sem uso de bombas.

De acordo com Jordão e Pessoa (2005) essa eficiência no grau de tratamento primário e primário avançado tem um processo de eficiência de remoção em torno de 50 a 70 % de DBO.

Lagoa Facultativa

De acordo com Costa e Telles (2011), é o processo de tratamento muito simples, baseado nos processos naturais de autodepuração. O efluente entra por uma extremidade de lagoa e sai pela outra, com tempos de detenção calculados no projeto de forma a garantir que o esgoto sofra os processos biológicos de estabilização.

De acordo com Jordão e Pessoa (2005) essa eficiência associada à lagoa anaeróbia varia entre 70 a 80%.

4.7.3 Comparação da eficiência do Sistema de Tratamento 1 e 2.

Sobre a eficiência de remoção da DBO utilizadas pelos sistemas de tratamentos analisados 1 e 2, a eficiência comparada ao percentual de DBO é a mesma. Visto que, a

escolha apropriada para a tecnologia dependerá dos critérios do local e os recursos disponibilizadas pelos órgãos para a instalação das mesmas.

Dessa forma, tem-se uma representação para ilustrar melhor a eficiência. Apresentada na Tabela 16.

Tabela 16 – Eficiência do sistema de esgoto sanitário

EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS DE ESGOTO SANITÁRIO			
	Sistema de tratamento	Remoção DBO₅ (%)	Grau de tratamento
Sistema de tratamento 1	Lagoa Anaeróbia	70%	Grau primário ou primário avançado
	Lagoa Facultativa	80%	Secundário
Sistema de tratamento 2	Reator RAFA	70%	Grau primário ou primário avançado
	Lagoa Facultativa	80%	Secundário

Fonte: Adaptado de JORDÃO e PESSOA (2005).

4.7.4 Análise dos parâmetros de eficiência nos tratamentos considerados

De acordo com a Resolução CONAMA/86, dois parâmetros de fundamental importância para estabelecer o grau de eficiência de um tratamento, dizem respeito a sua capacidade de remoção de poluente, que são analisados através de vários parâmetros.

Para poder fazer essa análise separou-se os dados da evolução da população em relação à oferta/demanda de água para a cidade, como também as contribuições domésticas de esgotos gerados.

Dessa forma, foram-se separados os anos de 2011, 2020 e 2030, representadas abaixo nas Tabelas 17 e 18.

Tabela 17 - Para sistema de tratamentos 1 – Lagoa Anaeróbia associada à Lagoa Facultativa.

Grau de Tratamento Primário	LAGOA ANAERÓBIA				
	Ano	População	DBO Afluente	Remoção (%)	DBO Efluente
	2011	11.711	15,61	70%	4,683
	2020	11.888	15,85	70%	4,755
	2030	12.089	16,12	70%	4,836
Grau de Tratamento Primário	LAGOA FACULTATIVA				
	Ano	População	DBO Afluente	Remoção (%)	DBO Efluente
	2011	11.711	4,683	80%	0,9366
	2020	11.888	4,755	80%	0,951
	2030	12.089	4,836	80%	0,9672

Fonte: Autoria Própria.

Como pode-se observar na Tabela 17 que para o ano de 2030, tem-se uma DBO afluente no sistema de 16.12 kg DBO₅/dia, e uma DBO₅ efluente de 0,9672, o que indica uma eficiência total de 94% na remoção deste parâmetro. Visto que se deve ter uma análise mais profunda e/ou detalhada em laboratório para determinar a eficiência real.

Tabela 18 - Para sistema de tratamento 2 – Reator RAFA associada à Lagoa Facultativa

Grau de Tratamento Primário	REATOR RAFA				
	Ano	População	DBO Afluente	Remoção (%)	DBO Efluente
	2011	11.711	15,61	70%	4,683

Grau de Tratamento Primário	2020	11.888	15,85	70%	4,755
	2030	12.089	16,12	70%	4,836
	LAGOA FACULTATIVA				
	Ano	População	DBO Afluente	Remoção (%)	DBO Efluente
	2011	11.711	4,683	80%	0,9366
	2020	11.888	4,755	80%	0,951
	2030	12.089	4,836	80%	0,9672

Fonte: Autoria Própria.

Como pode-se observar na Tabela 18 que para o ano de 2030, tem-se uma DBO afluente no sistema de 16.12 kg DBO₅/dia, e uma DBO₅ efluente de 0,9672, o que indica uma eficiência total de 94% na remoção deste parâmetro. Visto que se deve ter uma análise mais profunda e/ou detalhada em laboratório para determinar a eficiência real.

Outro fator que merece destaque é a área necessária para cada tipo de tratamento. Para efetuar essa análise, utilizou-se o método de interpolação linear pelo método de Lagrange. O objetivo deste método é o de aproximar o valor esperado entre dois valores, com base nos dados tabulados. Dessa forma com base nas Tabelas 9 e 10, com os dados populacionais de Angicos e utilizando a fórmula de interpolação Linear representada abaixo obtive-se os seguintes resultados:

$$P1(x) = \gamma_0 \frac{x - x_1}{x_0 - x_1} + \gamma_1 \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}$$

Onde:

x = população da cidade de Angicos no ano analisado;

x₀, x₁ são os valores extremos da interpolação;

Para a cidade de Angicos, a área necessária para duas lagoas (Anaeróbia e Facultativa) seria dada pela interpolação de valores entre 10 mil e 15 mil habitantes dos valores constantes na Tabela 9, onde obteve-se uma área de aproximadamente 2,6 hectares para a população atual e 2,7 hectares para a população do ano de 2030, o que indica um pequeno acréscimo na área total.

Já de acordo com a Tabela 10 que define a área estimada e requerida no tratamento de esgotos domésticos por reatores RAFA, aplicou-se o mesmo procedimento descrito anteriormente, com a utilização dos dados dessa tabela, onde obteve-se uma área de aproximadamente 87,83 metros quadrados ou 0,08 hectares para a população atual e de 0,09 hectares para a população de fim de plano. Contudo, para que o efluente atinja uma remoção de DBO satisfatória, seria necessário ainda um pós tratamento, composto por uma lagoa facultativa, que também necessitaria de uma grande área para ser implantada.

Para analisar este item, levou-se em consideração que segundo Papa e Orozco (2010), a área necessária para o tratamento através de reatores é bem menor quando comparada com a área necessária para o tratamento através de lagoas. Como os tratamentos primários analisados foram compostos por uma lagoa anaeróbia e reator anaeróbio de fluxo ascendente, destacou-se a vantagem para a utilização do segundo, pois o tratamento secundário seria o mesmo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fim de tentar promover uma melhor qualidade de vida para o município, a implementação de um sistema de saneamento básico é fundamental em um município como Angicos, onde nenhuma residência dispõe de qualquer tipo de infra-estrutura sanitária e nem todas as residências amostradas possuem com fossas sépticas, o esgoto de boa parte das habitações amostradas corre a céu aberto e contribui para os rios na parte mais baixa da bacia sanitária. Já as fossas, são implementadas pela população sem qualquer estudo prévio do local o que acarreta e/ou permite a percolação de líquidos contendo alta poluição orgânica causando serio impactos ao lençol freático, onde de acordo com o estudo amostrado do local da região, a maioria é de águas provenientes de banho, lavagem de roupas, cozinhas e etc.

Neste estudo analisou-se quantitativamente e qualitativamente alguns dos parâmetros referentes à geração do efluente de esgotos na cidade de Angicos, situada no semiárido potiguar, levando em consideração todos os fatores locais que influenciam na definição do tratamento que poderia ser implantado na cidade. A quantificação observou dados sempre crescentes de evolução populacional e consequente geração de esgotos na cidade.

A partir desses dados, analisou-se possíveis locações para a unidade de tratamento, e verificou-se que não existe problema referente à disponibilidade de áreas para a implantação do sistema. Nesse quesito, a alternativa de utilização de um reator anaeróbio de fluxo ascendente seguido por uma lagoa facultativa levaria vantagem por necessitar de uma área menor. Contudo, em relação à simplicidade de operação, a associação de lagoa anaeróbia + facultativa leva vantagem por precisar e pouca ou nenhuma operação para funcionar adequadamente.

Em relação às áreas disponíveis para a implantação do sistema de esgotos sanitários, utilizamos uma planta planialtimétrica com curvas de nível para efetuar uma análise das possíveis locações de um sistema de tratamento de esgotos. Todas as áreas analisadas encontram-se atualmente desocupadas e possuem corpos hídricos adjacentes. Chegamos a conclusão que a área 2 seria a mais adequada à implantação de uma estação de tratamento, por apresentar melhores condições comparadas as outras áreas estudadas.

Um fator que merece destaque é o interesse da população amostrada na implantação de um sistema público de esgotos sanitários na cidade, onde 85% dos entrevistados na pesquisa realizada não se importariam em pagar uma taxa para a implantação e manutenção desse sistema.

Deve-se levar em consideração que a implantação de um sistema de esgotos sanitários na cidade de Angicos traria uma melhoria significativa nas condições sanitárias da região, incluindo benefícios na área de saúde pela diminuição do número de atendimentos ocasionados por doenças de veiculação hídrica, além de diminuir os impactos ambientais nocivos ocasionados pelo despejo “*in natura*” do efluente de esgotos, da forma como é realizado atualmente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT 1997.

_____. **NBR 9649**: projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT; 1986.

_____. **NBR 9648**: estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT; 1986.

_____. **NBR 7229**: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, ABNT: 1993.

ARENALES, Selma. e DAREZZSO, Arthur . **Cálculo Numérico**. São Paulo, Thompson: 2008.

Atlas geográfico do Brasil melhoramentos: www.uol.com.br/atlas . Acesso em: 15 set. 2011.

BRASIL. Zilda Borsoi. Informe Infra-estrutura. **TRATAMENTO DE ESGOTO: TECNOLOGIAS ACESSÍVEIS: ÁREA DE PROJETOS DE INFRA-ESTRUTURA** . NOVEMBRO/97 N° 16. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/infra/g7416.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2011.

BURDEN, Richard L. E. FAIRES, Douglas. **Análise Numérica**. São Paulo: CENGAGE 2008

CAERN: www.caern.rn.gov.br

COELHO, Suani Teixeira et al. Geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento de esgoto. USP/IEE/CENBIO - Universidade de São Paulo; Instituto de Eletrotécnica e Energia; Centro Nacional de Referência em Biomassa.. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100070&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 13 dez. 2011.

COSTA, Hellyson David Gurgel et al. **Diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos no município de Angicos/RN**. In: Seminário de Iniciação Científica (SEMIC) da UFRSA Mossoró. Anais do XVII Seminário de Iniciação Científica, Mossoró: UFRSA, 2011.

COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães; TELLES, Dirceu D'Alkmin. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Blucher, 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 20**, Publicado no D. O. U. de 30/07/86.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 357**, Publicado no D. O. U. de 17/03/05.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 274**, Publicado no D. O. U de 08/01/2011 e Republicado no D. O. U. de 25/01/2011.

COMPONENTES DE SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/ES04_01.html>. Acesso em: 28 out. 2011.

DECRETO Nº 8.468, DE 8 DE SETEMBRO DE 1976 (D.O.E. Executivo, de 09.09.76).

DELTA SANEAMENTO AMBIENTAL (Brasil). **Reator anaeróbio para esgoto**: Projetos. rodovia fernão dias, Km 42,5 Chacara Piratininga - Atibaia/SP Fone/fax: (11) 2119-0100. Disponível em: <<http://www.deltasaneamento.com.br/pagina/reator-anaerobio-para-esgoto>>. Acesso em: 07 dez. 2011.

FELIPE, José Lacerda A. **Atlas Escolar do Rio Grande do Norte** / José Lacerda A. Felipe, Edilson Alves de Carvalho. – João pessoa: Grafset, 2001.

FONSÊCA, N. J. M et al. **Diagnóstico da atuação dos setores responsáveis pela saúde pública, Angicos/RN**. In: Seminário de Iniciação Científica (SEMIC) da UFRSA Mossoró. Anais do XVII Seminário de Iniciação Científica, Mossoró: UFRSA, 2011.

GOMES, Héber Pimental. **Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento Econômico**: João Pessoa: Ed. Universitária:UFPB – 2002.

HELLER, Léo. e PAULA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. Belo Horizonte:Editora UFMG, 2006.

IBGE: Censos demográficos e contagens populacionais, disponível em www.ibge.gov.br . Acesso: 12 ago. 2011.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; VOLSCHAN JUNIOR, Isaac. **Tratamento de esgotos sanitários em empreendimentos habitacionais**. Brasília: Caixa, 2009.

JORDÃO, Eduardo Pacheco. PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**: São Paulo: (CETESB - 1975).

MENDONÇA, Sergio Rolim & CEBALOS, Beatriz Susana de O. **Lagoa de estabilização e aeradas mecanicamente: Novos Conceitos**. Jordão Pessoa, S. Rolim Mendonça. 1990.

MORAIS, Amisterdam Alan Bertoldo de. **Análise da relação oferta/demanda de água potável na cidade de Angicos**. 2011. 79 f. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Campus Angicos, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2011.

MOTA, Suetônio. Introdução à Engenharia Ambiental. 4ª ed. Rio de Janeiro: Expressão Gráfica, 2010.

Perfil do município de Angicos. IDEMA: www.idema.rn.gov.br Acesso em: 05 jul. 2011.

PIMENTA, Handson Cláudio Dias et al. **O ESGOTO: A IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO E AS OPÇÕES TECNOLÓGICAS**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção Curitiba – PR, 23 a 25 de outubro de 2002. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/38F13D0429D60A5B832574250051CFB9/\\$File/O%20esgoto%20-%20a%20import%C3%A2ncia%20do%20tratamento%20e%20as%20op%C3%A7%C3%B5es%20tecnol%C3%B3gicas.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/38F13D0429D60A5B832574250051CFB9/$File/O%20esgoto%20-%20a%20import%C3%A2ncia%20do%20tratamento%20e%20as%20op%C3%A7%C3%B5es%20tecnol%C3%B3gicas.pdf)>. Acesso em: 12 jul. 2011.

Prefeitura municipal de Angicos: <http://www.angicos.rn.gov.br/> . Acesso em: 12 ago. 2011.

Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Angicos**, estado do Rio Grande do Norte / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Saulo de Tarso Monteiro Pires, Dunalson Eliezer Guedes Alcoforado da Rocha, Valdecílio Galvão Duarte de Carvalho. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

PAPA, José Luiz; OROZCO, Manuel Alberto Jerez. **Um sistema de tratamento de efluentes de baixo custo**. Acqua Engenharia e Projeto. Disponível em: <<http://www.acquaeng.com.br/wp-content/uploads/2010/01/stbc.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2011.

RUGGIERO, Márcia A Gomes. e LOPES, Vera Lúcia da Rocha. **Calculo Numérico: Aspectos teóricos e computacionais**. 2.ed. São Paulo: Makron Books 1996.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. Coordenação do Plano Nacional de Recursos Hídricos Gap/dpe/srh/mma. **PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS 2004**. Disponível em: <<http://www.rekursoshidricos.pr.gov.br/arquivos/File/anexo2-2ext2004.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2011

SILVA , Neusely da. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. Valéria Christina Amstalden - São Paulo : Livraria Varela,1997.

SOUZA FILHO, Hudson Hernane. **Uma análise econômica dos resíduos sólidos em angicos/RN**. Hudson Hernane Souza Filho. Assú, 2008.

SOUZA, Maria Salete de. Meio Ambiente Urbano e Saneamento Básico. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, ano 1, n 01, 2002. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/viewFile/194/160>>. Acesso em: 05 abr. 2011.

SOUZA, M. E., "Fatores que Influenciam a Digestão Anaeróbia", Trabalho apresentado no V Simpósio Nacional de Fermentação, Viçosa, 1982.

VAN HAANDEL, A.C. e LETTINGA, G. (1994) **Tratamento anaeróbio de esgotos**: Um manual para regiões de clima quente, Campina Grande - Paraíba, 240p

Wikipédia: <pt.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia:P%C3%A1gina_principal> Acesso em: 02 jul. 2011.

APÊNDICE A – Questionário



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CAMPUS ANGICOS

Pesquisa realizada na Cidade de Angicos/RN, com objetivo de coletar dados para a Monografia do aluno Hellyson David Gurgel Costa que tem como Tema “*Quantificação e Estudos de Alternativas para o Destino Final dos Efluentes de Esgotos Domésticos Gerados na Cidade de Angicos/RN*” e Orientador Professor Msc. Matheus da Silva Menezes.

A pesquisa será realizada de forma objetiva, com perguntas e respostas já definidas (diretas), dessa forma, segue as mesmas:

1 – Quantas pessoas moram na sua casa incluindo você?

Duas ☐ Três ☐ Quatro ☐ Cinco ☐ Seis ☐ Mais de Seis ☐

2 – Sua casa tem maquina de lavar roupa?

Sim ☐ Não ☐

2.1 – Com que frequência você utiliza ela durante a semana?

Uma ☐ Duas ☐ Três ☐ Mais de Três ☐

3 – Sua casa tem fossa séptica?

Sim ☐ Não ☐

4 – Sua Rua possui o Sistema de Saneamento Básico?

Sim ☐ Não ☐

5 – Qual a média de tempo que as pessoas que moram na sua casa, gastam para tomar banho?

Dois Minutos ☐ Três Minutos ☐ Quatro Minutos ☐ Cinco Minutos ☐

Seis Minutos ☐ Sete Minutos ☐ Oito Minutos ☐ Nove Minutos ☐

Dez Minutos ☐ Acima de Dez Minutos ☐

6 – Na Rua em que sua casa se encontra possui esgotos a Céu aberto?

Sim ☐ Não ☐

7 – Aonde é o destino final da água utilizada em (lavagem de louças, lavagem de roupa e máquinas de lavar roupas)?

Reuso para regar plantas Jardim/Quintal ☐

Direto para Fossa Séptica ☐

Despejado a Céu Aberto na Rua ☐

Zona de Tratamento de Esgoto ☐

Outros ☐

8 – Você pagaria uma taxa mensalmente pela manutenção de um sistema de Saneamento Básico na sua Cidade?

Sim ☐

Não ☐

9 – Na sua casa existe banheiro externo, ou seja, banheiro que fica fora da sua casa?

Sim ☐

Não ☐

10 – Falta água na sua casa constantemente, ou seja, os serviços que a CAERN presta está chegando água encanada regularmente na sua casa, ou existe a falta de água na encanação?

Sim ☐

Não ☐

ANEXO A – Trabalho de Moraes (2011).

5 EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO E A GERAÇÃO DE EFLUENTES DE ESGOTOS

Neste capítulo iremos abordar os parâmetros utilizados, a estimativa populacional e os estudos de demanda, que foram utilizados para as considerações relativas ao presente trabalho. Segundo Gomes (2002), a quantidade de água requerida para um projeto de abastecimento de água, e consequentemente de esgotos sanitários, deve levar em consideração os seguintes fatores:

- Alcance de Projeto
- Previsões de População
- Estimativas de Consumo
- Estimativas de Perdas
- Variações de Consumo

Ainda de acordo com Gomes (2002), para a estimativa do consumo, devem ser levados em consideração fatores regionais e locais, tais como:

- Clima;
- Padrão de vida;
- Hábitos da população
- Sistema de fornecimento de água (com ou sem hidrômetro)
- Qualidade da água fornecida
- Custo da Água
- Pressão na rede
- Perdas
- Continuidade dos serviços
- Consumo Per capita.

5.1 ALCANCE DE ESTUDO

Como normalmente a vida útil dos sistemas de abastecimento de água ultrapassa o período de 20 anos, as diversas unidades serão estudadas para este período, analisando-se a viabilidade de sua implantação para os períodos de 10 e de 20 anos.

5.2 CONSUMO “PERCAPTA”

O consumo “Percapta” deveria ser avaliado em função dos valores do Sistema Comercial da CAERN, que apresenta os histogramas de consumo dos municípios do Rio Grande do Norte operados pela CAERN. Para efeito de consumo, seriam considerados somente as economias micromedidas em funcionamento e o respectivo volume consumido. Contudo, não tivemos acesso a esses dados.

Dessa forma, optamos pela análise comparativa do percapta de projetos de saneamento, dentro dos padrões usuais de cidades do mesmo porte, da Região Nordeste.

A ARCO Projetos elaborou no ano de 2003, os projetos de abastecimento de água das cidades de porte semelhante de Nazaré da Mata e Barreiros, no Estado de Pernambuco, tendo encontrado os seguintes valores de percapta.

Tabela 15 - Consumo Percapta de Água de Cidades Semelhantes a Angicos

Percapta real atual	Barreiros	Nazaré da Mata
Percapta Residencial Médio (l/pessoa/dia)	93,88	98,15
Percapta Comercial Como % do Residencial	5,03%	3,59%
Percapta Industrial Como % do Residencial	0,00%	0,30%
Percapta Público Como % do Residencial	8,36%	9,38%
Percapta Médio Total Atual	106,44	111,17
Percapta Médio Total Atual (com perdas de 25%)	133,05	138,96

Fonte: Arco Projetos; Projeto de Abastecimento de Água do Sistema Adutor do Seridó (2007).

Desta forma, considerando as informações apresentadas será utilizado, a taxa de consumo percapta de água de 150 l/hab por dia de acordo com as recomendações do Programa PRÓAGUA, para as localidades com população entre 4.000 e 50.000 habitantes, e 120 l/dia para localidades com menos de 4.000 habitantes. Como a cidade de Angicos possui cerca de 11.000 habitantes, adotamos para efeitos de estimativa um valor de 150 l/pessoa/dia.

5.3 COEFICIENTES DO DIA E HORA DE MAIOR CONSUMO

Os valores adotados foram aqueles usualmente utilizados em sistemas de abastecimento d'água para comunidades de porte médio, associada às prescrições normativas da ABNT. Esses valores são corroborados por GOMES (2002), e são os seguintes:

- K1 = 1,20 – coeficiente do dia de maior consumo
- K2 = 1,50 – coeficiente da hora de maior consumo
- K3 = 0,50 – coeficiente da hora de menor consumo

5.4 ESTIMATIVA POPULACIONAL

5.4.1 Histórico Populacional do Município Angicos

O estudo observa a evolução da população do município de Angicos situado na região central do interior do estado do Rio Grande do Norte, com essa visão podemos perceber que o número de habitantes da cidade vem sofrendo uma redução considerável dos anos de 1980 a 2010, sendo que em 1991 os dados obtidos levam em conta a população do município de Fernando Pedroza sendo esta desconsiderada, resultando assim no numero expresso na tabela.

Contudo temos fortes argumentos que nos levam a não considerar os números da população registrada em 1996, onde podemos citar o fato de que os números do ano em questão foram obtidos de uma contagem e não de um recenseamento, além disso, nesse período o município passou por uma transição e teve uma parte de seu território emancipada gerando com isso a incerteza sobre essa contabilidade populacional, pois não se sabe ao certo se nesses números a população do território emancipado foi incluso ou não, dito isso desconsideraremos a população de 1996, por falta de confiança em relação a sua descrição.

Tabela 16 – Histórico populacional da cidade de Angicos/RN

Ano	1980	1991	1996	2000	2010
População	10986	11476	10881	11626	11549

Fonte – IBGE, (2010).

Através dessa tabela podemos perceber que a população angicana encontra-se com evolução negativa neste intervalo de tempo que será analisado, como já havia sido mencionado.

5.4.2 Projeções Populacionais

A projeção da evolução populacional da cidade de Angicos foi estudada utilizando-se modelos matemáticos obtidos a partir do comportamento da tendência de crescimento da população.

Tendo se obtido os dados de populações anteriores e as quantidades consumidas por cada habitante, chega-se o ponto de aplicação do método.

Na busca de se alcançar a estimativa das populações futuras do município alvo, para com isso obter a estimativa da necessidade de água destas respectivas populações, o primeiro passo prático é a obtenção de uma função que descreva o comportamento populacional da cidade em questão. Para isso foi utilizado o método dos mínimos quadrados que nos retornará com uma função que na percepção dos analistas será a que melhor se encaixa ao problema descrito.

A escolha do método baseia-se na idéia de que o mesmo representa a tendência dos dados, e como queremos fazer previsões futuras o método se ajusta melhor que a interpolação polinomial, pois esta não leva em consideração essa tendência, sendo assim mais aplicável na busca de estimativas dentro de um intervalo fechado, sem extrapolar, o que não é o nosso caso.

Segundo Burden (2008) o método dos mínimos quadrados é a aproximação de funções numa perspectiva diferente da interpolação. Nesse método se tivermos apenas os valores da função em certos pontos, não é exigido que a função aproximadora interpole a função dada nos pontos. É necessário apenas que essa função aproximadora tome valores (nesses pontos) de forma a minimizar a distancia aos valores dados. Esse método pode ser definido também como, uma técnica de otimização matemática que procura encontrar o melhor ajustamento para um conjunto de dados tentando minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre a curva ajustada. Suponha que o conjunto de dados consiste dos pontos (x_i, y_i) com i variando de 1 até n . Deseja-se encontrar uma função $f(x)$ tal que:

$$F(x_i) = Y_i$$

Para se obter esta função, supõe-se que a função $f(x)$ é de uma forma particular e contém alguns parâmetros que precisam ser determinados, vejamos a definição:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2$$

Este método é útil quando desejamos obter um valor aproximado da função em algum ponto fora do intervalo de tabelamento, ou seja, quando queremos extrapolar, ou quando efetuamos alguma experiência física ou empírica, pois os valores obtidos podem conter erros intrínsecos que, em geral, não são previsíveis.

Na busca de se obter uma maior confiabilidade no método, foram obtidas funções diferentes na análise, de maneira a encontrar aquela que mais se ajusta aos dados do problema, como auxílio desta análise foi observado o parâmetro R^2 , que indica o quanto a função encontrada se ajustou aos dados do problema.

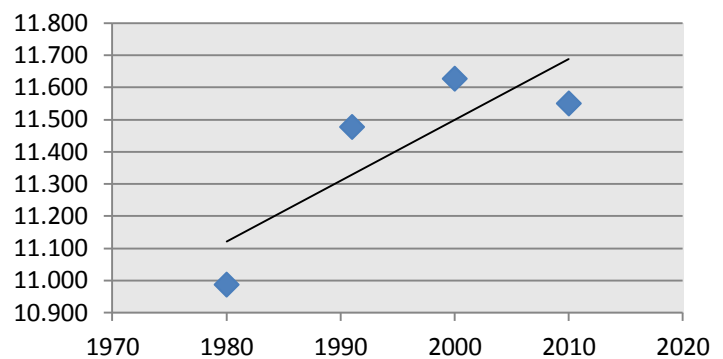
As equações e seus respectivos coeficientes de regressão são apresentados a seguir:

Linear $\rightarrow y = a.x + b$

$$a = 18,873$$

$$b = - 26.246$$

$$R^2 = 0,6989$$

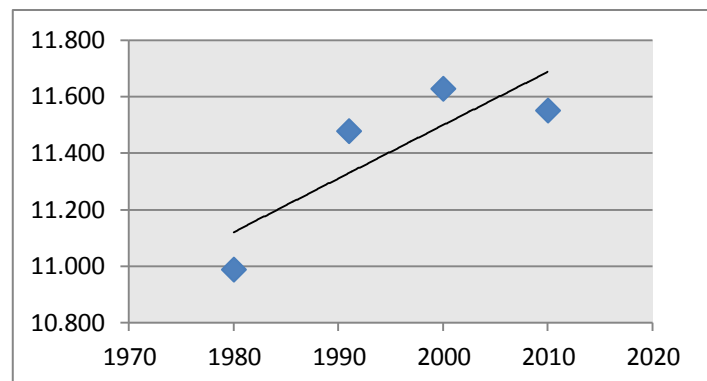


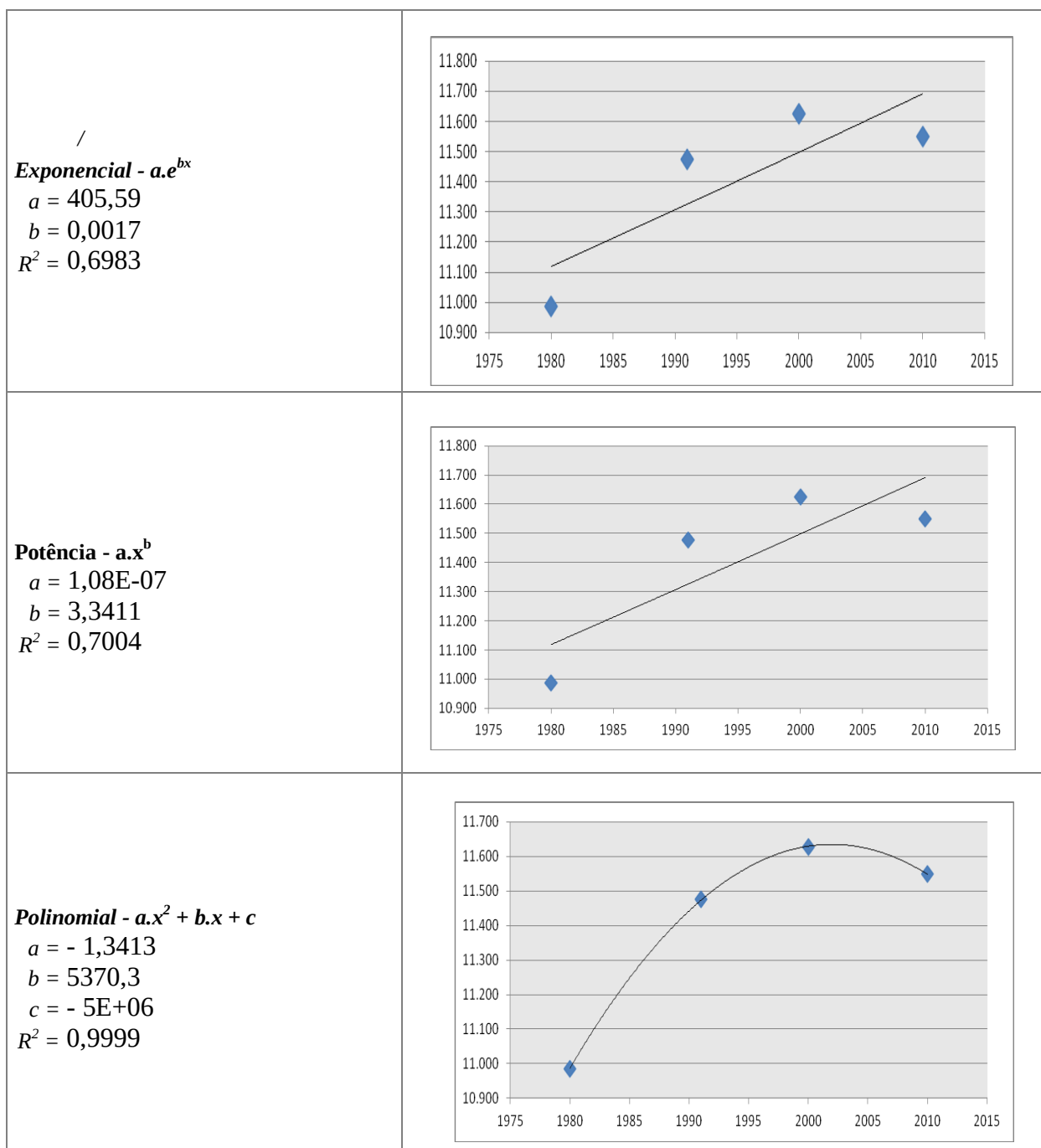
Logarítmica $\rightarrow y = a.\ln(x) + b$

$$a = 37,706$$

$$b = - 275.101$$

$$R^2 = 0,701$$





Fonte: Autoria própria.

Tabela 17 - Comparativa do R^2

Função	Exponencial	Linear	Logaritmo	Polinômio	Potência
R^2	0,6983	0,6989	0,701	0,9999	0,7004

Da tabela comparativa do R^2 temos que a curva mais ajustada aos pontos foi à polinomial, porém conhecendo dados externos ao problema podemos perceber que essa função não descreve muito bem a situação real, pelo fato de que a mesma se encontra com

concavidade para baixo revelando a tendência de decaimento populacional, sendo que esta hipótese encontra-se praticamente inaceitável pela chegada do campus da UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO que além de estimular o aumento populacional, também estimula práticas comerciais.

Tendo visto isto percebemos que a função que mais se adéqua ao problema é a exponencial, que tem seu R^2 um tanto baixo, sendo isto explicado pelo fato da população angicana ter tido um alto desvio nos anos observados, porém esta função mantém a tendência de crescimento que é esperada na cidade, sendo esta a mais aplicável ao problema.

Com o gráfico e a função descritiva sabemos o comportamento da população nesse período de maneira aproximada, com isso já podemos estimar populações futuras e montar um quadro de necessidades de água em função dessas populações.

5.4.3 Estudo Populacional Adotado

Dessa forma, considerando os dados descritos acima, temos a seguinte evolução populacional sugerida para a cidade de Angicos, com uma tendência exponencial.

Tabela 18 - Evolução da População sugerida para a cidade de Angicos

ANO	População (habitantes)
2011	11.711
2012	11.730
2013	11.750
2014	11.770
2015	11.789
2016	11.809
2017	11.829
2018	11.849
2019	11.869
2020	11.888
2021	11.908
2022	11.928
2023	11.948
2024	11.968
2025	11.988
2026	12.008
2027	12.028
2028	12.049
2029	12.069
2030	12.089

5.5 ESTUDO DE DEMANDAS

5.5.1 População Abastecida

O percentual de atendimento adotado no presente estudo, foi o de contemplar 100% da população estimada, pois a utilização de um índice de atendimento de 100% é reforçado pela recente lei sobre saneamento que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a Política Nacional de Saneamento Básico, Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007, em seu artigo 2º:

Art 2º Os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais:

- I- universalização do acesso;
- II- integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados [...]

Fonte: Política Nacional de Saneamento Básico, (2007).

5.5.2 Demanda Atual e Futura de Água Potável

O cálculo da demanda de água, que abrange um horizonte de 30 anos, considerou a evolução da população até o final do ano 2030, tendo como início o ano 2011.

Nos quadros a seguir, estão apresentadas as evoluções das demandas médias, máximas diárias e máxima do dia e hora de maior consumo, e o volume da reserva necessária para a cidade de Angicos.

Tabela 19 – Evolução da População e Relação Oferta/Demanda de Água para a cidade de Angicos/RN

Ano	População (hab)		Per Capita (l/hab.dia)	Vazões (l/s)			Reservação (m3)		
	Total	Atendida		Média	Máx. diária	Máx. hor.	Necessária	Existente	Déficit/ Superávit
2011	11.711	11.711	150,00	20,33	24,40	36,60	703	1150	447
2012	11.730	11.730	150,00	20,37	24,44	36,66	704	1150	446
2013	11.750	11.750	150,00	20,40	24,48	36,72	705	1.150	445
2014	11.770	11.770	150,00	20,43	24,52	36,78	706	1150	444
2015	11.789	11.789	150,00	20,47	24,56	36,84	707	1150	443
2016	11.809	11.809	150,00	20,50	24,60	36,90	709	1.150	441
2017	11.829	11.829	150,00	20,54	24,64	36,97	710	1150	440
2018	11.849	11.849	150,00	20,57	24,68	37,03	711	1.150	439
2019	11.869	11.869	150,00	20,61	24,73	37,09	712	1150	438
2020	11.888	11.888	150,00	20,64	24,77	37,15	713	1150	437
2021	11.908	11.908	150,00	20,67	24,81	37,21	715	1150	435
2022	11.928	11.928	150,00	20,71	24,85	37,28	716	1150	434
2023	11.948	11.948	150,00	20,74	24,89	37,34	717	1.150	433
2024	11.968	11.968	150,00	20,78	24,93	37,40	718	1150	432
2025	11.988	11.988	150,00	20,81	24,98	37,46	719	1150	431
2026	12.008	12.008	150,00	20,85	25,02	37,53	721	1150	429
2027	12.028	12.028	150,00	20,88	25,06	37,59	722	1150	428
2028	12.049	12.049	150,00	20,92	25,10	37,65	723	1.150	427
2029	12.069	12.069	150,00	20,95	25,14	37,71	724	1150	426
2030	12.089	12.089	150,00	20,99	25,19	37,78	725	1150	425

ANEXO B - Planta planialtimétrica da cidade de Angicos.

