UFPB UEPB UESC UFAL UFSE UFRN UFS UFPI

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

MARIA JOSÉ COMANDANTE COSTA

TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES DE LAVA-JATO

PRODEMA

CAMPINA GRANDE – PB
2006

MARIA JOSÉ COMANDANTE COSTA

TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES DE LAVA-JATO

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento às exigências para obtenção de grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientadores:

Prof. Dr. JOSÉ TAVARES DE SOUSA

Prof. Dr. VALDERI DUARTE LEITE

Campina Grande – PB

2006

MARIA JOSÉ COMANDANTE COSTA

TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES DE LAVA-JATO

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento às exigências para obtenção de grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em 21/02/06

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Tavares de Sousa
Orientador – CCT/UEPB

Prof. Dr. Valderi Duarte Leite
Co-orientador – CCT/UEPB

Prof. Dr. Wilton da Silva Lopes
Examinador Externo – CCT/UEPB

Prof. Dr. Fernando Fernandes Vieira
Examinador Externo – CCT/UEPB

À minha mãe, Maria (*in memoriam*), cuja força é motivo da minha admiração e inspiração.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela realização desta etapa da minha vida;

À minha família, pelo apoio e carinho;

Ao Prof. Dr. José Tavares de Sousa, por sua dedicação e atenção na orientação deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Valderi Duarte Leite, por sua amizade, sugestões e contribuições.

A Israel, Cristina, Vanessa, Keliana, Leila e Mário por suas valorosas contribuições durante a execução deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido em quatro fases. A primeira fase teve o objetivo de levantar dados sobre os impactos ambientais e sociais causados pelos lava-jatos. Para tanto, foram realizadas entrevistas com seus proprietários. Na segunda fase, foram tratados anaerobiamente, durante 147 dias, em reatores de batelada, efluentes sintéticos de lava-jatos com cinco diferentes concentrações de óleo e detergente. Na terceira fase, foram monitorados seis reatores anaeróbios, em regime de batelada, durante 20 dias, com substratos contendo altas concentrações de óleo (0,5 a 2,5 $g.L^{-1}$) e surfactantes (5,0 $g.L^{-1}$). Estes tratamentos tiveram por finalidade verificar se, com o aumento da concentração de óleo, haveria inibição da atividade biológica. Na quarta fase, foram realizados, anaerobiamente, em reatores de batelada, durante 35 dias, seis experimentos com diferentes concentrações de surfactante para verificar que concentração inibiria o processo biológico anaeróbio. Para todos os tratamentos foram analisadas as concentrações de matéria orgânica (DQO) afluente e efluente, bem como as concentrações de sólidos do lodo. Diariamente, foram realizadas leituras do volume e da composição do biogás. Como resultados da segunda fase, verificaram-se remoções de DQO solúvel média de 82% aos 18 dias e para DQO bruta em torno de 76% para os cinco tratamentos, durante 100 dias de operação. A produção de metano foi diretamente proporcional às concentrações dos substratos. Constatou-se que a atividade biológica anaeróbia ocorre numa concentração de surfactante de até aproximadamente 0,5 $g.L^{-1}$, sendo que a partir daí, começa a ocorrer inibição do processo.

Palavras chave: 1. lava-jato; 2. substâncias recalcitrantes; 3. digestão anaeróbia; 4. reator em batelada.

ABSTRACT

The research was realized in four phases. In the 1st phase, interviews were accomplished with proprietors of car-washes with the objective of knowing your environmental and social impacts. In the 2nd phase synthetic effluents of car-washes were treated during 147 days in batch anaerobic reactors with five different oil and detergent concentrations. In the 3rd phase six reactors were monitored in batch form, during 20 days, with substrate containing high oil concentrations (0,5 to 2,5 $g.l^{-1}$) and surfactants concentrations (5,0$g.L^{-1}$). These treatments were realized with purpose to verified the relation between oil concentration and inhibition of the biologic activity. In the 4th phase six batch anaerobic reactors, with different proportions of the surfactant, were monitored during 35 days. The concentrations of organic matter influent and effluent were analyzed in all the treatments and in the sludge were determined solid concentration. Daily the biogas produced was measures and characterized. In the 2nd phase the average removal of soluble COD was about 82%, for a monitoring period of 18 days. For raw COD during 100 days of operation the average removal was approximately 76% and the production of methane was directly proportional the substrate concentrations. It was verified that the anaerobic biological activity occurs in surfactant concentration below 0,5 $g.L^{-1}$, and starting from that concentration it begins to happen inhibition of the process.

Key words: Car washes, recalcitrant substances, anaerobic digestion, batch reactor

LISTA DE SIGLAS

ABS - Alquilbenzeno sulfonado ramificado

AGV - Ácidos graxos voláteis

ANM - Atenuação natural monitorada

APHA - American Public Health Association

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

CNTP - Condições normais de temperatura e pressão

CTPETRO - Fundo Setorial do Petróleo e Gás Natural

DBO - Demanda bioquímica de oxigênio

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito

DNA - Ácido desoxirribonucléico

DQO - Demanda química de oxigênio

ECINF - Pesquisa da Economia Informal Urbana

EPA - Environmental Protection Agency

HPA - Hidrocarboneto poliaromático

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ITOPF - International Tanker Owners Pollution Federation

LAS - Alquilbenzeno sulfonado linear

MTE - Ministério do Trabalho e Emprego

PIB - Produto Interno Bruto

RAIS - Relação Anual de Informações Sociais

RNA - Ácido ribonucléico

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SSV - Sólidos suspensos voláteis

SUDEMA - Superintendência de Administração do Meio Ambiente do Estado da Paraíba

UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Número de estabelecimentos por porte e setor no ano de 2003..... 20

Tabela 2. Distribuição percentual de trabalhadores por porte de estabelecimento no ano de 2003.....21

Tabela 3. Valores da energia livre padrão de algumas reações catabólicas da digestão anaeróbia..... 40

Tabela 4. Susceptibilidade das etapas acidogênica, acetogênica e metanogênica a diferentes limitações.....43

Tabela 5. Quantidades das substâncias utilizadas na preparação dos substratos da segunda fase.....48

Tabela 6. Quantidades das substâncias utilizadas na preparação dos substratos da terceira fase.....49

Tabela 7. Quantidades das substâncias utilizadas na preparação dos substratos da quarta fase.....50

Tabela 8. Número de veículos lavados semanalmente nos lava-jatos pesquisados.....53

Tabela 9. Volume de água utilizado na lavagem de um veículo.....54

Tabela 10. Procedência da água utilizada no lava-jato.....56

Tabela 11. Quantidade de detergente utilizada na lavagem de um veículo..... 57

Tabela 12 . Tempo em que atua na atividade de lava-jatos.....58

Tabela 13. Opiniões sobre a relação das atividades dos lava-jatos e o meio ambiente.....66

Tabela 14. Concentrações de sólidos do lodo afluente e efluente para 147 dias de operação.....69

Tabela 15. Concentrações de DQO bruta afluentes e efluentes e suas remoções no período de 100 dias de operação e concentrações de DQO filtrada e suas remoções no período de 18 dias.....70

Tabela 16. Parâmetros químicos afluentes e efluentes dos tratamentos para o período de 100 dias de operação dos reatores..... 72

Tabela 17. Percentual máximo atingido e o volume acumulado de metano durante a operação da segunda fase.....75

Tabela 18. DQO do lodo removida e volume teórico de metano durante a operação dos reatores da segunda fase..... 75

Tabela 19. DQO removida do sobrenadante, volume teórico de metano do sobrenadante + volume teórico de metano do SSV e o volume de metano medido durante o monitoramento da segunda fase.....76

Tabela 20. DQO filtrada removida, volume teórico de metano da DQO filtrada e volume de metano medido durante os dezoito primeiros dias de operação dos reatores da segunda fase..... 77

Tabela 21. Constantes de decaímento da DQO..... 78

Tabela 22. Percentual de metano dos tratamentos correlacionados ao tratamento T2.....81

Tabela 23. Concentrações dos sólidos do lodo afluente e efluente da terceira fase.....82

Tabela 24. Parâmetros químicos afluentes e efluentes para a operação da terceira fase..... 83

Tabela 25. Concentrações dos sólidos do lodo afluente e efluente da quarta fase.....85

Tabela 26. Parâmetros químicos afluentes e efluentes dos tratamentos da quarta fase.....86

Tabela 27. Percentual de inibição da produção de metano do tratamento T3 em relação ao tratamento T2 da quarta fase..... 88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Grupos de microrganismos participantes da digestão anaeróbia..... 36

Figura 2. Representação gráfica do modelo de Monod..... 42

Figura 3. Reatores utilizados no experimento..... 47

Figura 4. Volume acumulado de metano para a remoção da DQO filtrada.... 71

Figura 5. Percentual de metano produzido durante os 147 dias de operação..... 73

Figura 6. Volume acumulado de metano durante 147 dias de operação nas CNTP..... 73

Figura 7. DQO filtrada remanescente nos reatores após 18 dias de tratamento.....79

Figura 8. DQO bruta remanescente nos reatores após 100 dias de tratamento.....80

Figura 9. DQO do lodo remanescente nos reatores após 147 dias de tratamento.....80

Figura 10. Percentual de metano durante a operação dos reatores da terceira fase..... 84

Figura 11. Percentual de metano durante a operação dos reatores da quarta fase..... 87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Dificuldades encontradas para formalizar-se.....59

Quadro 2. Dificuldades encontradas para atuar na área de lava-jatos..... 61

Quadro 3. Conhecimento das questões de poluição ambiental causadas pelos lava-jatos..... 63

Quadro 4. Opiniões sobre as relações das atividades dos lava-jatos e o meio ambiente.....67

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14

2. OBJETIVOS 18
2.1 Objetivo Geral 18
2.2 Objetivos Específicos 18

3. REVISÃO DA LITERATURA 19
3.1 O Papel das Micro e Pequenas Empresas no Brasil 19
3.2 A Exploração dos Combustíveis Fósseis 21
3.3 Óleo e Hidrocarbonetos Poliaromáticos (HPAs) 23
3.4 Surfactantes 25
3.5 Biodegradação 26
3.6 Adaptação dos Microrganismos 32
3.7 Digestão Anaeróbia 35
3.7.1 Aspectos Termodinâmicos da Digestão Anaeróbia 39
3.7.2 Cinética Microbiana – Conceitos Básicos 41
3.7.3 Competição dos Organismos Metanogênicos com Bactérias Redutoras de Sulfato 44

4. MATERIAL E MÉTODOS 46
4.1 Primeira Fase 46
4.2 Avaliações do Processo Anaeróbio - Segunda, Terceira e Quarta fases 47

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 53
5.1 Primeira Fase 53
5.1.1 Quantidade de Veículos Lavados por Semana nos Lava-jatos Pesquisados 53
5.1.2 Volume de Água Utilizado na Lavagem de um Veículo 54
5.1.3 Procedência da Água Utilizada nos Lava-jatos 55
5.1.4 Quantidade de Detergente Utilizada na Lavagem de um Veículo 56
5.1.5 Tempo de Atuação dos Lava-jatos 58
5.1.6 Situação Legal dos Lava-jatos 59
5.1.7 Dificuldades Encontradas para Atuar na Área de Lava-jatos 61
5.1.8 Número de Empregos Gerados pelos Lava-jatos 62
5.1.9 Já Tomou Conhecimento das Questões de Poluição Ambiental Causadas pelos Lava-jatos? 63
5.1.10 Faz Algum Tipo de Tratamento no Efluente do Lava-jato? 64
5.1.11 Acha que as Atividades dos Lava-jatos Poluem o Meio Ambiente? 65
5.2 Segunda Fase 69
5.2.1 Concentrações do Lodo Afluente e Efluente Durante a Segunda Fase 69
5.2.2 Remoções de DQO Durante a Operação da Segunda Fase 70
5.2.3 Parâmetros Químicos Analisados na Segunda Fase 72
5.2.4 Volume e Composição do Metano Produzido na Segunda Fase 72
5.2.5 Volume de Metano Teórico e Volume Medido Durante o Monitoramento 75
5.2.6 Constantes Cinéticas da DQO 78
5.2.7 Produção de Metano Correlacionada aos Tratamentos 81
5.3 Terceira Fase 82
5.3.1 Concentrações de Sólidos do Lodo na Terceira Fase 82
5.3.2 Parâmetros Químicos Analisados na Terceira Fase 83
5.3.3 Percentuais de Metano Produzidos pelos Tratamentos da Terceira Fase 84

5.4 Quarta Fase 85
5.4.1 Concentrações de Sólidos do Lodo na Quarta Fase 85
5.4.2 Parâmetros Químicos Analisados na Quarta Fase 85
5.4.3 Percentual de Metano nos Reatores da Quarta Fase 86
5.4.4 Inibição da produção percentual de metano 88

6. CONCLUSÕES 89

7. REFERÊNCIAS 91

8. ANEXOS 97
8.1. Questionário 97
8.2. Quadro demonstrativo dos lava-jatos pesquisados 98
8.3. Quadro demonstrativo dos lava-jatos pesquisados 100

1. INTRODUÇÃO

Desde que o homem começou a exploração dos combustíveis fósseis, em meados de 1800, substâncias recalcitrantes presentes neste material começaram a se acumular no nosso ambiente. Atualmente, os acidentes com derramamentos ocorridos em petroleiros e também durante o transporte em oleodutos, caminhões e trens; assim como na manipulação do petróleo e seus derivados em refinarias, postos de estocagem, postos de combustíveis, oficinas, lava-jatos, entre outros, levam à contaminação do solo, do subsolo, das águas superficiais e subterrâneas e do ar.

No Brasil, os piores acidentes aconteceram em oleodutos da Petrobrás, um na Baía da Guanabara, Estado do Rio de Janeiro, em 2000, com o derramamento de 500 toneladas de óleo, segundo a Petrobrás; e outro, no estado do Paraná, no mesmo ano, com o derramamento de 4 milhões de litros de óleo. Em 2001, próximo ao Porto de Paranaguá, um navio carregado com 22 milhões de litros de nafta sofreu um acidente, o que acarretou o derramamento no mar, de aproximadamente 4,9 milhões de litros do derivado de petróleo (JORNAIS O ESTADO DO PARANÁ, 2001 e FOLHA DO PARANÁ, 2001).

Em vários lugares do mundo ocorreram acidentes com petroleiros, como os verificados nos países: Ilhas Scilly (U.K.) em 1967, África do Sul em 1971, Chile em 1974, Portugal em 1975, Espanha em 1976, Honolulu em 1977, França em 1978, Turquia em 1979, Tobago em 1979, Omã em 1983, Irã em 1985, Canadá em 1988, Marrocos em 1989, U.S.A. em 1989, Itália em 1991, Angola em 1991, Espanha em 1992, Moçambique em 1992, e Ilhas Shetland (U.K.) em 1993 (ITOPF, 1995).

As atividades da indústria de óleos e gás, como também pode ocorrer em outros setores, resultam em passivos ambientais, se fazendo necessário um esforço tecnológico

considerável, visando resgatar estes passivos. E devido à alta complexidade que envolve as suas atividades, não são raros acontecerem acidentes ambientais que vêm a gerar novas áreas deterioradas a serem resgatadas.

No Brasil, o número de áreas contaminadas no setor industrial é expressivo. Somente no Estado de São Paulo existem pelo menos 150 áreas industriais contaminadas; sendo que, como ocorre em todo o país, a maior parte destas áreas contaminadas refere-se às de atividades dos postos de abastecimento de combustível (REVISTA SANEAMENTO AMBIENTAL, 2003).

Quanto aos lava-jatos, são potenciais fontes de poluição, visto que, seus efluentes contêm uma quantidade considerável de derivados de petróleo, como também de surfactantes. Considerando-se a frota de veículos do Brasil, que em 2004 era cerca de 38,7 milhões de veículos (DENATRAN, 2005), e boa parte desta frota certamente demanda pelos serviços dos lava-jatos. Assim, é gerada uma considerável quantidade de água residuária que é lançada continuamente no sistema de esgotamento sanitário das cidades ou então diretamente no solo, haja vista que boa parte dos lava-jatos não faz nenhum tratamento dos seus efluentes para a eliminação dos resíduos.

Estudos realizados pela Companhia Pernambucana do Meio Ambiente (CPRH) e pelo HIDROREC, projeto da UFPE, constataram que os aqüíferos da região metropolitana do Recife são poluídos por efluentes de lava-jatos (JORNAL DO COMMERCIO, 2000).

Pesquisa do Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP) descobriu acúmulo de zinco e cromo, substâncias cancerígenas, na cabeça de peixes cultivados em viveiros na comunidade do Caranguejo, no bairro de Afogados – Recife, atribuindo-se a presença dos metais pesados nos viveiros da comunidade às atividades industriais, como a galvanização e as de lava-jatos das proximidades (JORNAL DO COMMERCIO, 2001).

A grande maioria dos óleos e graxas residuais presentes nos esgotos não são removidos em estações de tratamento convencionais, acarretando sérios problemas ao meio ambiente, já que estes resíduos vão para os lagos e rios. No sistema aquático, os óleos e graxas barram a entrada de oxigênio, atrapalhando o ciclo biótico e levando várias espécies à morte (REVISTA SANEAMENTO AMBIENTAL, 2003).

Os lava-jatos são micro-empresas, as quais, como lhes é peculiar, são de grande importância para a sustentabilidade socioeconômica do cenário mundial e dos países em desenvolvimento, principalmente, visto que, geram emprego e renda para milhões de famílias, tendo uma participação social até maior que a das grandes empresas.

Importantes para o sustento de diversas famílias, bem como para o setor de serviços da cidade, os lava-jatos também precisam adequar-se à sustentabilidade ambiental, tratando seus efluentes poluídos com resíduos de derivados de petróleo e surfactantes antes de lançá-los no meio ambiente, e até reutilizar estas águas, desta forma contribuindo para a economia financeira da empresa e poupando os reservatórios de água, sejam superficiais ou subterrâneos, águas estas que estão cada vez mais escassas e tendem a aumentar o seu valor agregado.

Esta pesquisa está dividida em quatro fases:

1. A primeira fase da pesquisa foi realizada com a aplicação de entrevistas em lava-jatos da cidade com a finalidade de se conhecerem as pecularidades referentes às suas atividades. Com a implantação deste tipo de serviço, ocorrem benefícios sociais na cidade, mas também podem surgir problemas ambientais.

2. A segunda fase visou o tratamento de efluentes de lava-jatos, de forma economicamente sustentável, utilizando princípios biológicos, os quais, comparados a outros processos, são os mais baratos. Os processos biológicos são também os mais indicados do

ponto de vista ecológico; por serem naturais, não causam impactos ao meio ambiente, o que não ocorreria através de um processo químico, no qual a adição de substâncias químicas acaba gerando resíduos indesejáveis.

3. A terceira fase teve a finalidade de constatar se altas concentrações de óleo inibem a atividade biológica, o que viria a prejudicar os processos de depuração natural de locais contaminados com grandes quantidades deste produto. Por exemplo: locais onde ocorrem derramamentos acidentais e locais de contínua contaminação como em postos de gasolina, oficinas, lava-jatos e corpos hídricos que recebem constantemente efluentes contendo óleo.

4. A quarta fase da pesquisa complementou a terceira fase e teve por objetivo verificar qual é a concentração de surfactantes que pode inibir a depuração por processos biológicos. Os surfactantes são, hoje, um dos maiores problemas ambientais devido ao seu uso intenso na vida moderna, com toneladas destas substâncias sendo lançadas diariamente nas estações de tratamento de esgotos, ou então, diretamente nos corpos hídricos.

2. OBJETIVOS

Nos lava-jatos é gerada uma considerável quantidade de água residuária contendo detergentes, óleo e outros derivados de petróleo, além de outras substâncias que são empregadas na limpeza de veículos. Estes poluentes são lançados continuamente nos sistemas de esgotamento sanitário das cidades. A maioria dos lava-jatos não faz nenhum tratamento dos seus efluentes. Alguns adotam apenas um sistema de separação física do óleo presente na água; são as caixas de areia. Estas funcionam como um paliativo para minimizar os impactos causados ao meio ambiente por este tipo de lançamento, uma vez que a parte solúvel do óleo não fica retida neste filtro, e a areia impregnada de óleo torna-se um passivo ambiental. O óleo e outros derivados de petróleo possuem substâncias recalcitrantes para o meio ambiente, podendo causar vários danos ecológicos e também afetar a saúde dos seres humanos. Portanto, este trabalho tem os seguintes objetivos:

2.1 Objetivo Geral

Investigar a viabilidade de tratar, através de processos anaeróbios, a água residuária resultante da atividade de lava-jatos, minimizando assim os impactos causados pelo despejo da mesma no meio ambiente.

2.2 Objetivos Específicos

Estudar os impactos sociais, econômicos e ambientais dos lava-jatos da cidade de Campina Grande-PB;

Estudar o tratamento de águas residuárias de lava-jatos por processos anaeróbios em reator de batelada, em diferentes concentrações de substrato.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 O Papel das Micro e Pequenas Empresas no Brasil

As micro e pequenas empresas são de grande importância para a sustentabilidade socioeconômica do cenário mundial e dos países em desenvolvimento especialmente, visto que, geram emprego e renda para milhões de famílias, constituindo-se no suporte econômico e social do País. São chamadas de "colchão social" por deterem 52,8% dos empregos formais no Brasil, e representarem 99% de quase 6 milhões de empresas formalmente constituídas no país, segundo a RAIS, 2003 e o MTE, 2003, constituindo-se estas em importantes agentes econômicos em aproximadamente 80% dos municípios brasileiros [(INSTITUTO ETHOS / SEBRAE), 2003]. Elas contribuem com 20% do PIB; e no mercado informal, estima-se que existam cerca de 10 milhões de pequenos empreendimentos, empregando aproximadamente 13 milhões de brasileiros, segundo dados da ECINF (2003).

O segmento de micro empresas é de fácil adequação às variações econômicas e políticas e às características regionais, aproveitando as oportunidades e vocações locais para promover o seu desenvolvimento sustentável, utilizando pequenas somas, estimulando o empreendedorismo, sendo de grande importância na estabilidade e mobilidade social, atuando também na base da terceirização adotada pelas grandes empresas e atendendo à necessidade das pessoas terem no trabalho sua ocupação, renda, cidadania e auto-estima (SEBRAE, 2005).

Em países com boa distribuição de renda, a participação das micro e pequenas empresas no PIB tende a igualar-se com a das grandes empresas, fato que não se verifica no Brasil, onde esta participação ainda é de apenas 20% (SEBRAE, 2005). Portanto, se faz necessária a implantação de políticas públicas de fomento a esta parcela da economia.

Os pequenos negócios garantem o equilíbrio entre o desenvolvimento social e econômico de um país (SEBRAE, 2005), logo, a sua solidificação, no Brasil, contribuiria para a atenuação da sua gritante má distribuição de renda, o que tem levado o país aos verificados altos índices de violência, fome, falta de acesso à educação e aos bens básicos que garantam ao indivíduo viver numa sociedade onde exista equilíbrio de consumo.

Na Tabela 1, são apresentados os números de estabelecimentos por porte e setor, formalmente constituídos no país.

Tabela 1. Número de estabelecimentos por porte e setor no ano de 2003.

	Micro	Pequena	Média	Grande	Total
Indústria	518.712	36.086	7.788	1.378	563.964
Construção	170.795	8.329	1.501	152	180.777
Comércio	2.624.309	102.439	6.618	3.394	2.736.760
Serviços	2.151.033	115.065	13.579	12.186	2.291.863
Total	5.464.849	261.919	29.486	17.110	5.773.364

Fonte: RAIS / MTE (2004).

O SEBRAE classifica as empresas baseado no número de empregados:

- Microempresa: na indústria, até 19 empregados, no comércio e serviços, até 9;
- Pequena empresa: na indústria, de 20 a 99 empregados, no comércio e serviços, de 10 a 49;
- Média empresa: na indústria, de 100 a 499 empregados, no comércio e serviços, de 50 a 99;
- Grande empresa: na indústria, acima de 499 empregados, no comércio e serviços, mais de 99.

Na Tabela 2, é apresentada a distribuição percentual do número de trabalhadores por porte de estabelecimento no Brasil.

Tabela 2. Distribuição percentual do número de trabalhadores por porte de estabelecimento no ano de 2003.

	Micro	Pequena	Média	Grande	Total
Indústria	19,3	25,4	27,6	27,7	100,0
Construção	26,1	32,3	27,0	14,5	100,0
Comércio	26,1	32,3	27,0	14,5	100,0
Serviços	19,5	24,3	9,9	46,3	100,0
Total	25,3	27,7	15,3	31,7	100,0

Fonte: RAIS / MTE (2004).

3.2 A Exploração dos Combustíveis Fósseis

As fontes de energia disponibilizadas para a humanidade representaram um papel importante para a determinação das atividades que poderiam ser exercidas e o modo pelo qual as sociedades seriam organizadas. Em épocas passadas, as fontes de energia exploradas pelo homem eram poucas, e em conseqüência, a quantidade de energia que podiam gerar era limitada. Entretanto, nas duas últimas centenas de anos, a exploração dos grandes estoques de combustíveis fósseis tornou possível uma época de energia abundante para parte da população do mundo, constituindo desta forma uma transição na história da humanidade (PONTING, 1995).

Os seres humanos, os animais, a água e o vento forneceram a base da força energética mundial até meados do século XIX. Nesse período, a principal fonte de combustível era a madeira e, além do estrume animal, não existia qualquer substituto a altura. No século XVIII já havia escassez de madeira na Europa, representando uma crise de energia, uma vez que grande parte de suas primeiras indústrias dependia da madeira e do carvão (CARTAXO e JANUZZI, 2004).

O uso da madeira, esta, cada vez mais escassa e cara na Europa Ocidental, foi sendo substituído pelo carvão, fato que tem um significado muito maior do que a simples substituição de uma fonte de energia por outra; porque todas as sociedades humanas anteriores dependiam de fontes renováveis de energia – seres humanos, animais, água, vento e madeira. A exploração do carvão, em larga escala, fez a transição para fontes definitivamente não renováveis de energia, representando a primeira exploração importante das reservas de combustíveis fósseis mundiais, criadas pelas grandes florestas tropicais que tinham existido há mais de duzentos milhões de anos. Este processo começou no século XVII e o movimento em direção a uma sociedade industrializada dependia do consumo de fontes de energia não-renováveis, mais baratas e abundantes na época, apesar de outras fontes de energia também serem importantes nos estágios iniciais do processo de industrialização (SILVA et al., 2003).

O declínio da importância do carvão, fato ocorrido no século XX, apesar da produção mundial continuar a crescer, aconteceu inicialmente nos Estados Unidos, onde a descoberta de grandes reservas de petróleo, nos primeiros anos do referido século, encorajou uma troca muito rápida do tipo de combustível fóssil utilizado como fonte de energia. Na Europa, essa mudança ocorreu muito mais tarde, em 1970, quando a proporção do uso de carvão como combustível caiu para menos de 30 por cento (em 1950 a proporção do uso do carvão na Europa ainda era de 80 por cento). Atualmente, o carvão é a segunda mais importante fonte de energia, depois do petróleo (PONTING, 1995).

O petróleo já vinha sendo obtido a séculos em locais onde subia à superfície, mas somente em meados do século XIX começaram a ser feitos esforços para a extração e exploração do produto em escala comercial, sendo que o primeiro petróleo comercial veio do poço do Coronel Drake, Pensilvânia - U.S.A., em 1859. Lubrificantes como óleo de baleia e óleos vegetais não estavam mais atendendo às demandas das novas maquinarias industriais, e também o óleo de baleia estava rareando. Estas situações fizeram pressão para a exploração

dessa nova fonte de energia. No final do século XIX, 85 por cento do óleo cru era refinado, transformando-se em querosene, para fornecer óleo de iluminação, e grande parte do restante era destinado para o fabrico de lubrificantes industriais. Já em 1909 o óleo combustível constituía metade da produção do que estava se transformando em uma indústria cada vez mais importante, recebendo mais um impulso com o desenvolvimento do motor de combustão interna e o grande desenvolvimento da indústria automobilística. Em 1930, a gasolina transformou-se no principal produto refinado, produzido pela indústria de petróleo e, no final dos anos 30, o combustível de aviação tornava-se cada vez mais importante. Também os desenvolvimentos tecnológicos criaram materiais artificiais como o náilon, o raiom e os plásticos, a partir do petróleo (PATERSON, 1975, LAWS, 1993).

3.3 Óleo e Hidrocarbonetos Poliaromáticos (HPAs)

O óleo diesel é formado por uma mistura de hidrocarbonetos totais de petróleo, dentre eles os HPAs (hidrocarbonetos poliaromáticos), compostos que apresentam dois ou mais anéis benzênicos condensados na forma linear, angular ou agrupados. Estas substâncias são resultantes do processo geológico termal e da queima de vegetais, sendo, portanto compostos naturais, embora, as fontes de disseminação dos HPAs no meio ambiente sejam resultantes da ação antrópica, principalmente da queima de combustíveis fósseis, pirólise, derramamentos de petróleo e derivados, e também da incineração de lixo. Provavelmente são os principais contaminantes ambientais do planeta, sendo como tais considerados pela EPA (KAIPPER, 2003), possuem propriedades bioacumulativas, carcinogênicas, mutagênicas, teratogênicas e outros efeitos tóxicos. São resistentes à biodegradação, sendo a sua persistência no meio ambiente atribuída à sua baixa solubilidade em água (MESQUITA,

2004). Estes HPAs são: naftaleno, acenaftaleno, acenaftano, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(g,h,i)perileno e indeno(1,2,3-cd)pireno (KAIPPER, 2003).

A queima de combustíveis fósseis e as grandes distâncias que os respectivos resíduos podem percorrer na atmosfera contribuíram para a dispersão de HPAs no ambiente, acumulando-se no ar, nos sedimentos marinhos, no solo e em organismos marinhos. Podem ser depositados sobre plantas pelo ar atmosférico, podendo assim, em alguns casos, serem assimilados pelo homem, e o acúmulo de HPAs no sedimento marinho pode derivar da deposição atmosférica, da produção e transporte de petróleo e de lançamento de esgoto, tornando-se esse sedimento um reservatório destes contaminantes (MESQUITA, 2004).

Efeitos teratogênicos dos HPAs foram verificados em estudos feitos em ratos, os quais, além de apresentarem dificuldades para se reproduzir, apresentaram uma prole com um grande número de filhotes com defeito de formação e baixo peso corporal, sendo que essa prole também teve dificuldades para se reproduzir. Os efeitos carcinogênicos destas substâncias foram verificados em animais de laboratório que desenvolveram diversos tipos de câncer, inalando HPAs. Este efeito também foi verificado em algumas pessoas que respiraram ou manusearam estas substâncias por longo tempo.

Do óleo, os hidrocarbonetos poliaromáticos são os compostos mais tóxicos, seguidos pelos cicloalcanos, as olefinas, e, por último, os alcanos. Os efeitos tóxicos do óleo cabem em duas categorias gerais. A primeira categoria inclui os efeitos associados com o contato de uma camada de óleo com os organismos. Tais efeitos são associados primeiramente com os hidrocarbonetos de alto peso molecular, os insolúveis em água e as várias substâncias que não se dissipam e cobrem as penas dos pássaros e os organismos como moluscos, ostras, dentre outros. A segunda categoria de efeitos tóxicos envolve a ruptura do metabolismo do

organismo pela ingestão de óleo e incorporação de hidrocarbonetos na gordura ou outro tecido em concentrações suficientes para alterar o funcionamento normal do organismo, sendo que os compostos de maior interesse do ponto de vista de ingestão são os aromáticos de baixo e de alto peso molecular, como o benzeno e o tolueno (LAWS, 1993).

3.4 Surfactantes

A partir da década de 50, foi iniciada a produção dos alquilbenzenos sulfonados ramificados (ABS), resultantes da sulfonação do propileno tetramérico e do benzeno, apresentando ótimo poder de limpeza. Estes compostos, por conterem cadeia ramificada, apresentaram problemas como baixa biodegradabilidade, além da geração de grandes camadas de espuma nas superfícies aquáticas. A indústria, no início da década seguinte, desenvolveu os alquilbezenos sulfonados lineares (LAS), que têm o mesmo poder de limpeza dos alquilbezenos sulfonados ramificados e têm uma maior biodegradabilidade. Hoje o LAS é o tensoativo sintético mais produzido mundialmente e é empregado na produção da maioria dos detergentes, substituindo o ABS. Os surfactantes estão entre os principais poluentes encontrados nos esgotos (RIZO e ENRÍQUEZ, 2002).

Os compostos que constituem a base dos detergentes são: um agente umedecedor, que são os tensoativos, um agente complexante e uma base para neutralizar os ácidos presentes na solução. Os tensoativos são os chamados surfactantes, compostos orgânicos que diminuem a tensão superficial da água, propiciando a limpeza de superfícies e também emulsiona óleos formando suspensões. Os tensoativos são usados por diversos setores da indústria, principalmente no setor de detergentes (50%), sendo que, na formulação destes produtos, 20% em massa são tensoativos. O restante é empregado em setores como indústria

têxtil, indústria alimentar, tinturarias, cosmética, manufatura de papel, mineração, dentre outros (GOLDANI, 2004).

A utilização abusiva dos tensoativos causa, para o meio ambiente, prejuízos, tais como: inibição ou paralização da depuração natural ou artificial, devido à formação de espumas estáveis. Estas já podem ser formadas quando tensoativos aniônicos atingem uma concentração de 0,3 ppm. Alteração da condução de oxigênio através das membranas dos organismos aquáticos; gosto adstringente para as águas que tenham uma concentração de tensoativos superior ao da formação de espuma; eutrofização dos lagos devido à presença de fosfatos combinados com tensoativos. Alguns detergentes utilizam em sua formulação, perborato sódico, aumentando progressivamente a quantidade de boro nas águas superficiais e profundas (CUNHA et al., 2000).

3.5 Biodegradação

A biodegradação pode ocorrer nas condições naturais do ambiente ou pode ser estimulada por técnicas que criem condições satisfatórias para que esta venha a ocorrer. Estas técnicas ocasionam o aumento da população de microrganismos biodegradadores, os quais catalizam reações bioquímicas, e tornam menos complexo um determinado composto químico, beneficiando o meio ambiente. Durante o processo de biodegradação, as substâncias orgânicas são metabolizadas pelos microrganismos para a sua nutrição e obtenção de energia. Estas substâncias são fornecedoras de elementos químicos e energia para a realização das reações, sendo que para isto, os microrganismos do ambiente contaminado devem possuir as enzimas capazes de metabolizar os contaminantes (SCHMIDT, 2004).

A utilização dos processos biodegradativos naturais para descontaminar certos locais é chamada de biorremediação. Assim, a biorremediação de derramamentos de óleo envolve a estimulação dos microrganismos sobreviventes no óleo derramado, podendo ser feita de três formas: 1) Estimulação dos microrganismos nativos através da adição de nutrientes; 2) Introdução de um consórcio especial de microrganismos para degradar óleo; 3) Introdução de microrganismos, geneticamente modificados, com propriedades especiais para degradar óleo. A biorremediação não deve ser a primeira medida a ser tomada para a limpeza de um local com derramamento de óleo, porque, até mesmo sob condições ideais, o tempo requerido para o trabalho de biorremediação é de semanas ou meses (LAWS, 1993).

A maior parte dos microrganismos capazes de degradar os componentes do petróleo são bactérias, fungos ou lêvedos, e são amplamente distribuídos nos sistemas aquáticos. Não há organismos ou uma combinação de organismos capaz de degradar todos os compostos presentes no óleo cru, mas depois de um certo tempo uma grande percentagem dos compostos presentes no óleo pode ser degradada pelos microrganismos. Estes, são capazes de utilizar alcanos normais com até 44 átomos de carbono. Compostos com um número de carbonos de 10 a 24 são mais fáceis para serem metabolizados. Alcanos de cadeia ramificada são degradados mais demoradamente que n-alcanos, e os cicloalcanos são mais resistentes, mas todos estão sujeitos à biodegradação. Compostos aromáticos de baixo peso molecular podem ser metabolizados, mas são mais resistentes que alcanos e cicloalcanos. As mais demoradas taxas de degradação são observadas em compostos aromáticos de alto peso molecular, asfaltenos e resinas (LAWS, 1993).

Uma certa espécie química de interesse pode ser degradada por tipos de bactérias que possuem a capacidade de promover tal degradação, embora geralmente sejam utilizados consórcios bacterianos, o processo é realizado por enzimas específicas com mecanismo de ação bem definido (BRITO et al., 2000).

O uso de microrganismos na recuperação de áreas contaminadas por petróleo e seus derivados aponta uma alternativa econômica e ecológica muito importante, transformando estes compostos orgânicos em gás carbônico e água, fazendo a purificação do meio ambiente em um tempo bem inferior ao requerido em condições naturais (CTPETRO, 2003).

Segundo Alexander (1994), a biodegradação pode ocorrer em condições aeróbias ou anaeróbias, resultando na mineralização, ou na detoxicação, ou ainda, na ativação do composto orgânico:

1. Na mineralização, ocorre a transformação completa de um composto orgânico em um composto inorgânico, realizada por microrganismos que quebram as estruturas das moléculas poluentes, produzindo dióxido de carbono e metano.
2. Na detoxicação, o composto orgânico tóxico transforma-se em outro composto orgânico não tóxico, ou menos tóxico que o original, podendo permanecer no meio ambiente, sem oferecer os perigos do composto de origem, ou ainda, sofrer outros processos microbiológicos até a mineralização.
3. Na ativação, compostos não tóxicos se transformam em compostos tóxicos que podem permanecer por muito tempo nos ambientes onde agem os microrganismos causadores da ativação. Estes microrganismos podem biossintetizar carcinogênicos, mutagênicos, teratogênicos, neurotoxinas, fitotoxinas e agentes pesticidas e inseticidas.

Segundo Bedient et al. (1994), a biodegradação ocorre quando as condições necessárias estão presentes no ambiente, tais como:

1. Fontes de carbono: aproximadamente 50% do peso seco das bactérias correspondem a carbono, sendo este elemento necessário à nutrição e geração de novas células.

2. Fontes de energia: os microrganismos utilizam o carbono orgânico como fonte de energia para o seu metabolismo, transformando-o em carbono inorgânico.

3. Aceptores de elétrons: na biodegradação, os constituintes são oxidados na presença de elementos oxidantes que são os aceptores de elétrons. Nos processos aeróbios, o aceptor de elétrons é o oxigênio, e, nos anaeróbios, outras substâncias são aceptores de elétrons, como o nitrato, o sulfato, o ferro e o dióxido de carbono.

4. Presença dos microrganismos apropriados para biodegradar substratos específicos.

5. Nutrientes: para o seu crescimento, os microrganismos necessitam estar na presença dos elementos que constituem as suas células: grande parte de carbono, além do hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, formando estes, cerca de 95% do total em peso (SUTHERSAN, 1997). Fósforo, enxofre, potássio, sódio, cálcio, magnésio e outros elementos de menor importância constituem o restante do material microbiológico. O fósforo e o nitrogênio, em geral, não são encontrados em quantidade suficiente na natureza, limitando a biodegradação. Precisam, portanto, nos processos de biorremediação “in situ”, serem adicionados ao local (LIEBEG e CUTRIGHT, 1999). O hidrogênio e o oxigênio são fornecidos pela água e os outros elementos encontram-se no solo em quantidade superior à necessária para os microrganismos (BRANCO, 1986).

6. Condições ambientais adequadas: os microrganismos sofrem influências do meio em seu metabolismo, crescimento e sobrevivência. Segundo Metcalf & Eddy (2003), as condições ideais para a atividade biodegradadora destes organismos são:

   - pH: melhor na faixa de 6,5 a 7,5 embora a maior parte dos microrganismos tolere valores de pH que vão de 5,0 a 9,0

- Temperatura: é um dos importantes fatores para a atividade microbiológica, uma vez que, a taxa de biodegradação aumenta à medida que se aumenta a temperatura do meio. Mas dependendo do tipo de tratamento, as temperaturas muito altas diminuem as atividades metabólicas.
- Umidade: tem influência nas atividades de biodegradabilidade dos substratos, na transferência de gases e interferência direta sobre os microrganismos, como na sua movimentação, crescimento e distribuição das espécies.
- Potencial redox: relaciona-se com a presença de aceptores de elétrons no local, os quais sofrem redução, oxidando o substrato orgânico durante as reações bioquímicas verificadas na biodegradação.
- Salinidade: pode diminuir e até inibir a biodegradação, mas existem microrganismos capazes de se adaptarem a ambientes com alta salinidade.

Para os compostos orgânicos resistentes à biodegradação aeróbia, como os hidrocarbonetos halogenados e os orgânicos clorados, é aplicável a biodegradação anaeróbia, sendo esta também aplicável para os hidrocarbonetos aromáticos e poliaromáticos. Quanto a estes, com o aumento do número de anéis benzênicos, fica mais difícil a sua biodegradação aeróbia, que é a mais usual na biorremediação “in situ”. Também, quanto maior for o grau de halogenação do composto, mais suscetível ele é à biodegradação anaeróbia e menos suscetível à biodegradação aeróbia, podendo, portanto, o processo anaeróbio biodegradar compostos fortemente halogenados que resistam ao ataque das bactérias aeróbias (SCHMIDT, 2004).

Segundo VAN STEMPVOORT et al., 2003, pesquisas realizadas nas últimas décadas têm mostrado que hidrocarbonetos dissolvidos na água subterrânea, incluindo hidrocarbonetos monoaromáticos (BTEX: benzeno, tolueno etilbenzeno, xilenos), sofrem

processos de biodegradação realizados por microrganismos. Isto tem levado ao desenvolvimento da Atenuação Natural Monitorada (ANM), que é uma nova forma para administrar locais contaminados por hidrocarbonetos (CHAPELLE, 1999; WIEDEMEIER et al., 1999; AZADPOUR-KEELEY et al., 2001) apud VAN STEMPVOORT et al., 2002. Mesmo considerando que hidrocarbonetos de petróleo são recalcitrantes para a biodegradação na ausência de oxigênio, pesquisas recentes têm indicado que processos anaeróbios de degradação de hidrocarbonetos são importantes, desta forma, eles podem ser aplicados para expandir as aplicações da ANM, pela utilização de reações de biodegradação anaeróbia (VAN STEMPVOORT et al., 2002).

Em 2003, o CTPETRO identificou e listou a falta de soluções tecnológicas do setor de óleos e gás na área do meio ambiente. Assim, destacam-se:

- Estudos dos efeitos tóxicos do óleo e afins sobre as comunidades de peixes e de outros seres vivos em ambientes aquáticos continentais são pouco desenvolvidos no Brasil e no Exterior.

- No Brasil, estudos sobre a biodegradação de produtos petroquímicos através da determinação da cinética de biodegradação ainda não estão dominados.

- Falta ao Brasil, conhecimento sobre os efeitos nocivos que o petróleo e seus derivados podem ter sobre os organismos do solo, cujo desaparecimento causa desequilíbrio na dinâmica populacional dos mesmos, prejudicando todo o ecossistema local.

- Também falta conhecimento sobre a sensibilidade da fauna e da flora atingidas por derrame de óleo em ambientes costeiros, terrestres e marinhos.

- As técnicas de eliminação dos poluentes para a recuperação em curto prazo de um local contaminado, são ainda pouco desenvolvidas no Brasil e no Exterior, sendo que todas as tecnologias são demoradas e muito caras.

- São pouco desenvolvidas também, tanto no Brasil quanto no Exterior, as técnicas de recuperação da fertilidade do solo, da permeabilidade, da vida microbiana e da cobertura vegetal, após a contaminação com petróleo ou derivados.

- Faz-se necessária pesquisa sobre o potencial da flora brasileira para uso de fitorremediação, visando recuperar áreas contaminadas.

- É pouco pesquisado ainda o uso de microrganismos na recuperação de áreas contaminadas por petróleo e seus derivados (biorremediação). Esta pode ser uma alternativa econômica e ecológica de extrema importância.

3.6 Adaptação dos Microrganismos

Para o saneamento ambiental, são de particular interesse as pesquisas sobre consórcios de microrganismos responsáveis pelos processos aeróbios e anaeróbios, assim como, estudos da fisiologia dos microrganismos importantes para a área ambiental, principalmente os que degradam substâncias tóxicas. Também deve-se dar importância às pesquisas sobre a utilização de microrganismos específicos na degradação de determinados compostos, e, à possibilidade da utilização dos organismos geneticamente modificados voltados para a limpeza ambiental. Reações de transformação de determinadas moléculas nos sistemas biológicos de tratamento de rejeitos são realizadas por mecanismos específicos do metabolismo dos microrganismos. Desse modo, a atividade de uma bactéria em particular pode ser selecionada através da composição dos resíduos poluentes, somada às modificações

na construção ou operação dos biorreatores. Moléculas orgânicas xenobióticas, como os alquilbenzenos sulfonados lineares (LAS) e ramificados (ABS), podem sofrer biodegradação pelos processos biológicos aeróbios e anaeróbios, apesar do passo limitante para a degradação microbiana que é a separação do radical alquila do anel benzeno sulfonado, sendo este anel degradado posteriormente a dióxido de carbono, água e sulfato (VAZOLLER, 2004).

As moléculas dos poluentes sintéticos possuem estruturas complexas e desconhecidas para o metabolismo microbiano. Poluentes aromáticos halogenados e nitroaromáticos, que são compostos xenobióticos altamente tóxicos ao meio ambiente, podem ser estabilizados através da atividade combinada de microrganismos nos biotratamentos em reatores aeróbios e anaeróbios alternados. Os microrganismos utilizados na degradação dessas substâncias podem ser selecionados de biodigestores aeróbios ou anaeróbios ou de fontes naturais. Existem evidências de que compostos halogenados já são comuns à vida microbiana. Foram identificados cerca de 1500 compostos organohalogenados naturais e os fungos produzem alguns cloroaromáticos. Vários estudos verificaram a adaptação dos microrganismos a esses poluentes ambientais, degradando compostos como as bifenilas policloradas (PCBs), após longos períodos de incubação. A existência de enzimas nas células microbianas, capazes de reconhecer a estrutura do composto xenobiótico como substrato, levando a célula a uma adaptação bioquímica, ou a uma adaptação genética, levada pela formação de novos genes necessários para a degradação do composto, alterando os sistemas enzimáticos, são possibilidades preconizadas por VAN der MEER et al. (1994).

A biologia molecular tem sido estimulada no sentido de criar novas células com as propriedades enzimáticas alteradas, e os mecanismos regulatórios modificados; reunindo, em um único organismo, os sistemas enzimáticos de interesse, encontrados em espécies microbianas filogeneticamente diferentes. Segundo Bitton (1999), desde a metade dos anos 80, têm-se evidências de que a recombinação de DNA pode ser usada com sucesso para a

construção de bactérias com fenótipos novos, voltadas para a biodegradação de poluentes ambientais. Felizmente, os últimos anos têm testemunhado rápidos avanços no campo da genética, especialmente voltada para a construção dos organismos geneticamente modificados (OGMs), os quais são mais adaptados em termos de performance e comportamento ecológico.

Ao longo de 3,5 bilhões de anos de existência de vida na Terra, os microrganismos desenvolveram mecanismos refinados de controle, para a mobilização de genes capazes de tirar o máximo de vantagem do meio em que vivem, possuindo uma versatilidade química que lhes permite existir em condições extremas de temperatura, pH, salinidade e pressão. A adaptação dos microrganismos a nichos especializados levou à perda e também à aquisição de genes, é o que sugerem as análises comparativas iniciais das enzimas envolvidas na conservação de energia em procariotos, feitas em estudos de seqüenciamento de DNA e proteínas (VAZOLLER, 2004).

Os dados oriundos da aplicação dos "DNA microarrays"[1] mostram que a expressão gênica é complexa e transitória. Quando a levedura passa da anaerobiose para a aerobiose, por exemplo, 1840 genes são mobilizados, correspondendo a 30% dos genes anotados do *Saccharomyces cerevisae*. Outro exemplo é que choque osmótico, durante 10 minutos em células de levedura, mobiliza 1359 genes, sendo que, depois de 20 minutos, são reduzidos a 172. Tendo como referência os mRNAs (mensageiros), referentes aos genes básicos para a manutenção das funções vitais, foi observado que o mínimo e o máximo da expressão têm uma diferença significativa para cada gene, o que leva a supor que o metabolismo de tais RNAs apresente um processo dinâmico que facilita a adaptação do organismo às condições do meio (ZANCAN, 2002). No caso de impacto causado pelos derrames de petróleo sobre as comunidades microbianas naturais, são reduzidas a sua diversidade, a sua biomassa, bem como a sua atividade (MACNAUGHTON et al.,1999), mas microrganismos capazes de

[1] Microarray é uma tecnologia para investigar o nível de expressão de milhares de genes simultaneamente.

utilizar os compostos contaminantes, como também de sobreviver à sua presença, tendem a predominar em ambientes submetidos a uma contaminação crônica (KANALY e HARAYAMA, 2000). Logo, existe uma grande chance de se encontrar microrganismos especializados com capacidade para degradar determinada substância, num local em que a presença desta seja constante (BRITO et al., 2000).

A ampla capacidade genética de certas bactérias confere a estas uma vantagem seletiva quando mudanças ambientais ocorrem, conferindo à bactéria, portadora desta característica, melhor velocidade de crescimento, ou transferindo, através de plasmídeos, esse código genético a outras bactérias (BARATHI e VASUDEVAN, 2001).

3.7 Digestão Anaeróbia

A digestão anaeróbia é um processo no qual, compostos orgânicos complexos de alto peso molecular (carboidratos, proteínas e lipídios) são transformados em produtos mais simples e estabilizados (metano e gás carbônico), através de um consórcio de diferentes microrganismos, principalmente bactérias, que atuam em quatro etapas diferentes (CAMPOS et al., 1999). Estes microrganismos são especializados e cada grupo atua numa etapa da digestão, conforme a Figura 1.

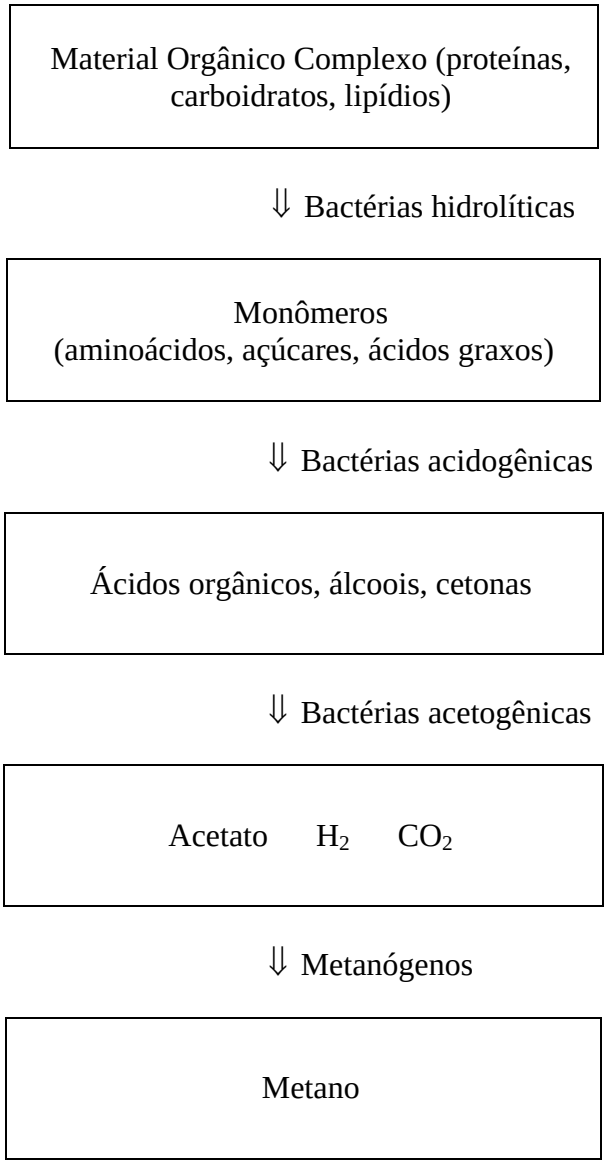

Figura 1. Grupos de microrganismos participantes da digestão anaeróbia. Adaptado de BITTON (1999).

A primeira etapa é a hidrólise. Nela atuam as bactérias fermentativas, as quais excretam exo-enzimas, como celulases, proteases e lípases, as quais agem sobre moléculas orgânicas complexas, como proteínas, celulose, lignina e lipídeos, quebrando-as, para formar monômeros solúveis. Na hidrólise, as proteínas são degradadas formando aminoácidos, os carboidratos são convertidos em mono e dissacarídeos (açúcares solúveis) e os lipídios transformam-se em ácidos graxos e glicerol (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994).

A segunda etapa é a acidogênese, na qual as bactérias fermentativas absorvem em suas células as substâncias dissolvidas advindas da hidrólise, depois, as excretam como substâncias orgânicas simples na forma de ácidos carbônicos como: acético, propiônico, fórmico, lático, butírico, ou succínico; álcoois e cetonas como: etanol, metanol, glicerol e acetona; acetato e compostos minerais (CO_2, H_2, NH_3, H_2S, etc.). O acetato é o principal produto da fermentação de carboidratos. Os produtos formados variam com o tipo de bactéria, como também com fatores condicionantes da cultura, tais como pH, temperatura e potencial redox. Nesta etapa, atua um grupo diversificado de bactérias, sendo a maior parte anaeróbia obrigatória. Porém, algumas espécies são facultativas, sendo importantes para o sistema de tratamento anaeróbio de esgotos porque retiram o oxigênio dissolvido que possa eventualmente estar presente no esgoto e seria tóxico para as bactérias metanogênicas (BITTON, 1999).

A terceira etapa é a acetogênese, na qual se formam os substratos (acetato, hidrogênio e dióxido de carbono), utilizados pelos organismos metanogênicos para a produção de metano; a partir da transformação dos produtos da acidogênese. As bactérias acetogênicas necessitam de baixas concentrações de hidrogênio para a conversão de ácidos graxos. Sob pressão parcial de hidrogênio relativamente alta, a formação de acetato é reduzida e o substrato é convertido em ácido propiônico, ácido butírico e etanol, antes mesmo que a metano. Existe um relacionamento simbiótico entre bactérias acetogênicas e metanógenos. Estes ajudam a alcançar as baixas concentrações de hidrogênio exigidas pelas bactérias acetogênicas. Etanol, ácido propiônico e ácido butírico são convertidos em ácido acético por estas bactérias. Durante a digestão, aproximadamente 70 por cento da DQO é transformada em ácido acético e a DQO restante é transformada em hidrogênio ou dióxido de carbono, dependendo do estado de oxidação das substâncias orgânicas a serem digeridas (CAMPOS et al., 1999).

A quarta etapa é a metanogênese, na qual o metano é produzido por duas vias: pelos organismos metanogênicos acetotróficos ou acetoclásticos, reduzindo o ácido acético, ou pelos metanógenos hidrogenotróficos, reduzindo o dióxido de carbono. Os organismos metanogênicos hidrogenotróficos têm um crescimento mais rápido do que os acetotróficos. Por isto, são estes últimos quem geralmente determina a velocidade de conversão do material orgânico complexo.

- Metanogênese acetotrófica ou acetoclástica converte acetato em metano e dióxido de carbono:

$$CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2 \quad (1)$$

- Metanogênese hidrogenotrófica converte hidrogênio e dióxido de carbono em metano:

$$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O \quad (2)$$

Segundo Metcalf & Eddy (2003), a partir da remoção da matéria orgânica expressa em DQO, a produção de metano pode ser determinada conforme a estequiometria da Equação1.

Nas Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP), um mol de gás ocupa o volume de 22,4 L. De acordo com a Equação 3, para cada mol de metano são utilizados 2 mols de oxigênio ou 64 gramas de DQO. Por essa razão, a redução de 1 grama de DQO é equivalente a 0,35 litros de metano.

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O \quad (3)$$

3.7.1 Aspectos Termodinâmicos da Digestão Anaeróbia

Segundo Campos et al., (1999), os diversos caminhos catabólicos seguidos pelos consórcios bacterianos para a conversão dos compostos orgânicos presentes nas águas residuárias em metano, só são de fato possíveis se for produzida energia livre em cada um dos processos de conversão; energia esta aproveitável pelo microrganismo participante de cada reação. Para que o processo anabólico ocorra, é necessário que o processo catabólico gere energia.

Usam-se conceitos da termodinâmica para saber se a reação catabólica libera energia livre, sendo denominado exergônico o processo que libera energia livre, e a energia livre padrão (ΔG_0) é menor que zero. São denominadas endergônicas as reações que consomem energia, e neste caso, os valores da energia livre são maiores que zero. A energia livre de uma reação encontra-se normalmente tabelada sob condições-padrão: temperatura de 25ºC, pH igual a 7 e pressão de 1 atm. Nas condições reais de tratamento, a energia livre pode ser calculada, pela Equação de Nernst:

$$DG' = DG' + RT\ln[(C)^c(D)^d .....] / [(A)^a(B)^b.....] \quad (4)$$

Onde:

DG': energia livre sob as condições atuais no reator;

$DG^{0'}$: energia livre sob condições padrão;

R: constante universal dos gases ($8{,}3 \cdot 10^{-3}$ kj . mol^{-1} . T^{-1});

T: temperatura em ºK;

$(A)^a$, $(B)^b$: concentrações fisiológicas dos substratos com respectivos coeficientes;

$(C)^c$, $(D)^d$: concentrações fisiológicas dos produtos formados com respectivos coeficientes.

De modo geral, para as considerações sobre a termodinâmica do processo, se limitam à análise da energia livre padrão. A Tabela 3 apresenta algumas das reações anaeróbias e suas respectivas energias livres padrão (ΔG_0).

Tabela 3. Valores da energia livre padrão de algumas reações catabólicas da digestão anaeróbia.

Processo	Equação	Δ_{G_o} (Kj/mol)
Propionato a acetato	$CH_3CH_2COO^- + 3H_2O \rightarrow CH_3COO^- + H^+ + HCO_3 + 3H_2$	+ 76,1
Butirato a acetato	$CH_3CH_2CH_2COO^- + 2H_2O \rightarrow 2CH_3COO^- + H^+ + 2H_2$	+ 48,1
Etanol a acetato	$CH_3CH_2OH + H_2O \rightarrow CH_3COO^- + H^+ + 2H_2$	+ 9,6
Lactato a acetato	$CH_3CHOHCOO^- + 2H_2O \rightarrow CH_3COO^- + HCO_3^- + H^+ + 2H_2$	- 4,2
Acetato a metano	$CH_3COO^- + H_2O \rightarrow HCO_3^- + CH_4$	- 31,0
Bicarbonato a acetato	$2HCO_3^- + 4H_2 \rightarrow CHCOO^- + 4H_2O$	- 104,6
Bicarbonato a metano	$HCO_3^- + 4H_2 + H^+ \rightarrow CH_4 + 3H_2O$	- 135,6

Adaptado de Campos et al., 1999

A transformação de compostos intermediários em acetato, na acetogênese, não é termodinamicamente favorável porque não ocorre espontaneamente no sentido de formação do acetato e H_2, a não ser que estes compostos sejam retirados do meio. Na digestão anaeróbia, esta retirada ocorre pela metanogênese, o que faz com que o equilíbrio seja deslocado no sentido da formação de tais compostos.

As reações acetogênicas só são termodinamicamente favoráveis quando a pressão parcial do H_2 no meio é muito baixa (10^{-4} atm para a formação de propionato e 10^{-3} atm para a formação de butirato). Logo, para a conversão em acetato dos ácidos propiônico e butírico, será necessária a existência de populações capazes de remover rapidamente o H_2 formado nas reações acetogênicas, o que é feito pelas bactérias metanogênicas hidrogenotróficas e pelas bactérias redutoras de sulfato (SPEECE, 1983).

3.7.2 Cinética Microbiana – Conceitos Básicos

De acordo com Forest et al., (1999) e Metcalf & Eddy (1991), as velocidades de crescimento dos microrganismos, as velocidades de consumo dos substratos, bem como, as velocidades de formação de produtos são estudadas pela cinética bioquímica.

Fatores como composição, pH, reologia e temperatura do meio, características multicomponentes, controles internos, adaptabilidade e heterogeneidade das populações celulares podem influenciar a cinética de populações microbianas. Também podem influenciar esta cinética as interações entre a massa celular e o meio ambiente, como: transferência de nutrientes, produtos e calor.

Monod desenvolveu um modelo cinético para descrever o metabolismo bacteriano em trabalho realizado em 1949 e 1950. Os resultados deste trabalho podem ser resumidos em três equações básicas:

1. A velocidade bruta de crescimento dos microrganismos é proporcional à velocidade de utilização do substrato, conforme a Equação 5:

$$\left(\frac{dX}{dt}\right)_C = Yx/s\left(\frac{dS}{dt}\right)_U \qquad (5)$$

Onde:

X: concentração de microrganismos (mg SSV.L^{-1});

S: concentração de substrato (mg DQO.L^{-1});

t: tempo

Yx/s: fator de crescimento ou produção bruta de bactérias por unidade de massa de substrato (g SSV.g^{-1}DQO);

$_C$: representa o crescimento das bactérias;

$_U$: representa a utilização do material orgânico.

2. A velocidade de crescimento dos microrganismos é função da concentração dos mesmos e depende da concentração do substrato:

$$\left(\frac{dX}{dt}\right)_c = X \,.\, \mu = \mu_m \frac{S.X}{Ks + S} \qquad (6)$$

Onde:

μ : velocidade específica de crescimento celular (T^{-1});

μ_m : velocidade específica máxima de crescimento celular;

Ks : constante de saturação de substrato (possui o valor da concentração de substrato em que 'u' tem metade do seu valor máximo).

Por esta equação, para elevadas concentrações de substrato, a razão S/(S + Ks) fica próxima da unidade, então, a velocidade de crescimento independe da concentração de substrato, o que caracteriza o crescimento como um processo de ordem zero. Se a concentração de substrato for muito baixa, (S < < Ks), a velocidade de crescimento fica proporcional à concentração de substrato, sendo a cinética de primeira ordem. Ks tem o valor da concentração de substrato na qual μ atinge metade do seu valor máximo. A Figura 2 representa graficamente a equação cinética de Monod.

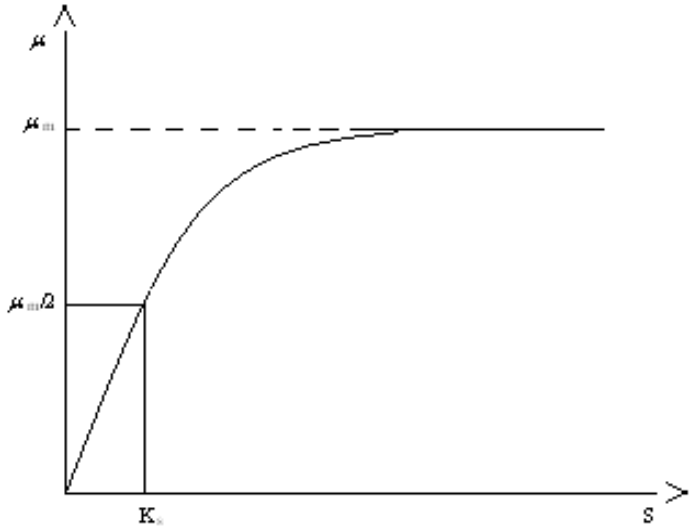

Figura 2. Representação gráfica do modelo de Monod.

3. À medida que ocorre o crescimento da massa celular devido ao anabolismo, acontece também o decaimento por causa da morte de células vivas, e a velocidade de decaimento pode ser expressa como um processo de primeira ordem:

$$\left(\frac{dX}{dt}\right)_d = - X \cdot Kd \qquad (7)$$

Onde:

K : constante da velocidade de decaimento;

d : representa o decaimento da massa bacteriana.

A taxa líquida de crescimento de bactérias $(dX/dt)_L$ pode ser expressa pela Equação 8.

$$\left(\frac{dX}{dt}\right)_L = Y\left(\frac{dS}{dt}\right)_U - Kd - X \qquad (8)$$

A Tabela 4 apresenta as limitações que cada etapa do processo anaeróbio está sujeito.

Tabela 4. Susceptibilidade das etapas acidogênica, acetogênica e metanogênica a diferentes limitações.

Etapa	Limitação			
	Cinética	Termodinâmica	De transferência de massa	Ao crescimento*
Acidogênica	Pouco provável ($\uparrow K_s, \uparrow \mu_{máx}$)	Possível devido ao acúmulo de acetato	Pouco provável (substratos solúveis)	Menos afetada
Acetogênica	Provável ($\downarrow K_s, \downarrow \mu_{máx}$)	Provável devido ao acúmulo de hidrogênio e acetato	Pouco provável (substratos solúveis)	Muito afetada
Metanogênica acetoclástica	Provável ($\downarrow K_s, \downarrow \mu_{máx}$)	Pouco provável	Pouco provável (substrato solúvel)	Muito afetada
Metanogênica hidrogenotrófica	Pouco provável ($\uparrow K_s, \uparrow \mu_{máx}$)	Pouco provável	Provável (substrato insolúvel)	Relativamente menos afetada

* pH, presença de compostos tóxicos, ausência de nutrientes
Adaptado de Aquino e Chernicharo, 2004.

3.7.3 Competição dos Organismos Metanogênicos com Bactérias Redutoras de Sulfato

Nos reatores anaeróbios, com a ausência de oxigênio, podem existir oxidantes alternativos, como o nitrato e o sulfato, permitindo o desenvolvimento de bactérias que usam o catabolismo oxidativo. O nitrato é reduzido a nitrogênio molecular através do processo de desnitrificação, e o sulfato pode ser reduzido a sulfeto. Nestes reatores, o sulfato oxida material orgânico formando gás sulfídrico, conforme a Equação 9. O gás sulfídrico além de ser corrosivo, dá odor desagradável à fase líquida e ao biogás, podendo também ser tóxico para os microrganismos metanogênicos (SAM-SOON et al., 1991).

$$SO_4^{2-} + 4H_2 \rightarrow H_2S + 2H_2O + 2OH^- \quad (9)$$

Para transformar o sulfeto produzido em DQO, utiliza-se a estequiometria da Equação10.

$$H_2S + 2O_2 \rightarrow H_2SO_4 \quad (10)$$

Portanto, para transformar um mol de sulfeto em DQO, gastam-se dois mols de oxigênio (64 g de oxigênio / mol para 96 g de sulfato / mol). Sendo assim, para cada grama de sulfato reduzido, ocorre um consumo de 0,67 grama de matéria orgânica, expressa na forma de DQO.

Segundo Bitton (1999), pode haver competição pelos doadores de elétrons acetato e hidrogênio entre organismos metanogênicos e bactérias redutoras de sulfato. Estas últimas têm uma grande afinidade com acetato (Ks = 9,5 mg/L), maior que os organismos

metangênicos (Ks = 32,8 mg/L), é o que mostra o estudo da cinética de crescimento destes dois grupos. Na relação DQO/SO_4^{2-} de 1,7 a 2,7 as bactérias redutoras de sulfato e os organismos metanogênicos são muito competitivos. Um aumento nesta relação favorece aos metanogênicos, enquanto a diminuição da relação é favorável às redutoras de sulfato.

A redução da produção de metano e o aumento da concentração de ácidos voláteis, geralmente indicam a inibição da metanogênese, que dentre outros fatores, pode ser causada pela sulfetogênese, cujo efeito inibitório pode ser do próprio sulfeto, como também pode ser causado pelo sulfato. Este serve como um aceptor de elétrons para as bactérias redutoras de sulfato, com isto, desde que as redutoras de sulfato e os organismos metanogênicos utilizem os mesmos substratos, resulta na competição entre os dois grupos (BITTON, 1999).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Primeira Fase

Pesquisa realizada junto aos proprietários de lava-jatos da cidade de Campina Grande-PB, utilizando-se questionário com doze perguntas abertas e ordenadas para a obtenção das informações específicas; sendo cada entrevista gravada para a posterior transcrição. As entrevistas foram realizadas no período de julho a agosto de 2005, atingindo um total de quarenta lava-jatos da cidade, num universo estimado de aproximadamente sessenta lava-jatos.

Objetivou-se, nesta pesquisa, levantar o perfil social deste ramo de microempresas, como: o tempo em que está no mercado, situação legal da empresa, número de empregados e as dificuldades para atuar na referida atividade. Também foram coletados dados para uma análise dos possíveis impactos causados ao meio ambiente por este tipo de atividade, como: número de carros lavados por semana, quantidade de água e de detergente utilizados, procedência da água empregada no processo de lavagem dos veículos, e se é feito tratamento dos efluentes. Os proprietários foram questionados também sobre a relação das atividades dos lava-jatos e a poluição do meio ambiente.

A análise e a interpretação dos dados foram feitas através das seguintes etapas: estabelecimento de categorias, tabulação e a análise estatística dos dados.

4.2 Avaliações do Processo Anaeróbio - Segunda, Terceira e Quarta Fases.

As segunda, terceira e quarta fases do trabalho experimental foram realizadas na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário (EXTRABES), localizada em área pertencente à Companhia de Águas e Esgotos do Estado da Paraíba (CAGEPA), no município de Campina Grande – PB, com coordenadas geográficas de 07°13’ S e 35°52’ W e altitude de 550 m, onde está instalado o grupo de pesquisa do Programa de Saneamento Básico (PROSAB).

Para a realização da segunda fase do trabalho experimental, foram instalados e monitorados reatores de batelada com capacidade de 1,13 L cada, constituindo 06 tratamentos com 04 repetições (Figura 3). O monitoramento ocorreu durante 147 dias e o experimento foi conduzido em temperatura ambiente.

Figura 3. Reatores utilizados no experimento.

Os reatores da segunda fase foram alimentados com resíduos preparados quantitativamente com lodo de esgoto sanitário, advindo de reator UASB, água destilada,

detergente, óleo lubrificante e nutrientes. Na preparação do substrato, foi estimada uma concentração média de detergente utilizada na lavagem de um carro, juntamente com uma certa quantidade de óleo lubrificante, o qual, eventualmente aparece nos efluentes de lava-jatos.

Na Tabela 5, são apresentados os dados das proporções dos diversos tipos de resíduos e as respectivas concentrações.

Tabela 5. Quantidades das substâncias utilizadas na preparação dos substratos da segunda fase.

Tratamentos	Óleo (g)	Detergente (g)	Água (mL)	Fonte de Nutrientes (mL)
T1	-	-	900	100 (solução de nutrientes)
T2	-	1,5	900	100 (solução de nutrientes)
T3	0,03	1,0	900	100 (solução de nutrientes)
T4	0,03	3,0	900	100 (solução de nutrientes)
T5	0,06	1,5	900	100 (solução de nutrientes)
T6	0,03	1,5	900	100 (esgoto sanitário)

Onde T: Tratamento

Cada reator foi inoculado com 200 mL de lodo e acrescentaram-se a estes 600 mL dos respectivos substratos para cada tratamento. Os pHs dos substratos foram corrigidos com uma solução de hidróxido de sódio para aproximadamente 7. A solução de nutrientes utilizada foi o meio mineral Bushnell Hass Broth ($MgSO_4$ - 0,2g/L; $CaCl_2$ – 0,02g/L; KH_2PO_4 – 1g/L; NH_4NO_3 – 1g/L; $FeCl_3$ – 0,05g/L).

Para a realização da terceira fase, foram instalados e monitorados, durante 20 dias, 06 reatores com capacidade unitária de 1,13 L. O processo em regime de batelada foi conduzido em temperatura ambiente e os reatores foram alimentados com resíduos preparados

com lodo de esgoto sanitário, advindo de reator UASB, ácido sulfônico, óleo lubrificante, nutrientes e esgoto sanitário.

Na Tabela 6, são apresentados os dados das proporções dos diversos tipos de resíduos e as respectivas concentrações do experimento da terceira fase.

Tabela 6. Quantidades das substâncias utilizadas na preparação dos substratos da terceira fase.

Tratamentos	Óleo (g)	Ácido sulfônico (g)	Esgoto Sanitário (mL)	Nutrientes (mL)
T1	-	-	900	100
T2	0,5	5,0	900	100
T3	1,0	5,0	900	100
T4	1,5	5,0	900	100
T5	2,0	5,0	900	100
T6	2,5	5,0	900	100

Onde T: Tratamento

Cada reator da terceira fase foi inoculado com 100 mL de lodo, sendo acrescentados ao inóculo 600 mL dos respectivos substratos, cujos pHs foram corrigidos com solução de hidróxido de sódio para aproximadamente 7. Os nutrientes adicionados foram constituídos pelo meio mineral Bushnell Hass Broth.

Para a quarta fase do trabalho experimental, foram instalados e monitorados por um período de 35 dias, 06 reatores de batelada com capacidade unitária de 1,13 L. O experimento foi conduzido em temperatura ambiente e os reatores foram alimentados com lodo de esgoto sanitário, advindo de reator UASB, ácido sulfônico, nutrientes e esgoto sanitário.

Na Tabela 7, são apresentados os dados das proporções dos diversos tipos de resíduos e as respectivas concentrações do experimento da quarta fase.

Tabela 7. Quantidades das substâncias utilizadas na preparação dos substratos da quarta fase

Tratamentos	Ácido sulfônico (g)	Esgoto Sanitário (mL)	Nutrientes (mL)
T1	-	900	100
T2	0,5	900	100
T3	1,0	900	100
T4	2,0	900	100
T5	3,0	900	100
T6	5,0	900	100

Onde T: Tratamento

Cada reator foi inoculado com 100 mL de lodo, sendo acrescentados ao inóculo de cada reator 600 mL do respectivo substrato para cada tratamento. Os pHs dos substratos foram corrigidos para aproximadamente 7, utilizando-se para isto uma solução de hidróxido de sódio.

Os parâmetros analisados para a segunda fase foram: sólidos do lodo e suas frações, DQO, pH, alcalinidade e AGV. As análises foram realizadas na ocasião do carregamento dos reatores, sendo que para as análises dos substratos utilizou-se o sobrenadante. As análises foram repetidas aos 18 dias, quando foi aberta uma série das quatro repetições, aos 100 dias, quando foi aberta outra série, e aos 147 dias, quando foi aberto o restante das séries. As análises seguiram as recomendações da APHA (1995). Os reatores foram vedados com tampas com uma abertura forrada com borracha, para se proceder à retirada de biogás com uma seringa. Após cada retirada de biogás, a abertura era vedada com cola de silicone. A cada vinte e quatro horas foram medidos os volumes de biogás produzidos, utilizando-se para isto um manômetro, sendo, após, os reatores agitados por trinta segundos. A cada quatro dias foram feitas as quantificações dos componentes do biogás através de cromatografia gasosa.

Para se calcular o volume de metano, foram utilizadas as seguintes equações:

$$P_t = P_0 + \frac{h}{10{,}33m} \quad (11)$$

$$d = \frac{P.M}{R.T} \quad (12)$$

Onde:

P_t : Pressão total (atm)

P_0 : Pressão ambiente (atm)

h : Deslocamento da coluna de água (m)

d : Densidade (g/cm^3)

M : Massa molar (g/mol)

R : 0,082 (atm / K . mol)

T : Temperatura (K)

$$m = p.d \quad (13)$$

Onde:

m : massa

p : percentual do gás no biogás

d : densidade

$$P(CH_4) = x(CH_4).P_t \quad (14)$$

Onde:

$P(CH_4)$: Pressão do metano (atm)

$x(CH_4)$: Fração molar do metano

P_t : Pressão total (atm)

$$V = \frac{nRT}{P(CH4)} \quad (15)$$

Onde:

V : Volume

n : Número de mol

P : Pressão

Para se calcular as constantes de velocidade de decaímento (k_d) da DQO filtrada, da DQO bruta (do substrato) e da DQO do lodo, utilizou-se a Equação 16.

$$\ln\left(\frac{C}{Co}\right) = - k_d .t \qquad (16)$$

Onde:

C : Concentração da DQO final ($mg.L^{-1}$)

C_0 : Concentração da DQO inicial ($mg.L^{-1}$)

k_d : Constante de velocidade de decaímento ($tempo^{-1}$)

t : Tempo

Quanto às terceira e quarta fases, os parâmetros analisados foram: sólidos do lodo e suas frações, e para o sobrenadante, pH, alcalinidade e AGV. As análises seguiram as recomendações da APHA (1995) e foram realizadas na ocasião do carregamento dos reatores de batelada e também ao término dos tratamentos. Os reatores foram vedados com tampas com uma abertura forrada com borracha, para se proceder à retirada de biogás com uma seringa. A produção de biogás foi medida diariamente através de um manômetro, e as quantificações dos seus componentes foram realizadas através de cromatografia gasosa, com um dia de experimento e seguiram-se com dois, três, cinco, dez, quinze e vinte dias, para a terceira fase, e para a quarta fase, com um dia de experimento e seguiram-se com seis, doze, dezoito, vinte e cinco e trinta e cinco dias. Após cada retirada de biogás, a abertura era vedada com cola de silicone. Os reatores eram agitados diariamente durante trinta segundos.

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Primeira Fase

5.1.1 Quantidade de Veículos Lavados por Semana nos Lava-jatos Pesquisados

O número de veículos que os lava-jatos pesquisados lavam por semana são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8. Número de veículos lavados semanalmente nos lava-jatos Pesquisados

Categoria	Nº de Veículos	Lava-jatos (%)
Carros	180	2,5
	120	5,0
	100	5,0
	90	2,5
	80	10
	70	5,0
	60	2,5
	50	12,5
	40	27,5
	30	7,5
	15	2,5
	10	7,5
Caminhões	07	2,5
	10	2,5
	15	2,5
Motos	40	2,5
Total		100

São lavados em média 2000 carros, 35 caminhões e 40 motos por semana nos quarenta lava-jatos pesquisados na cidade de Campina Grande. Em período chuvoso, a procura por estes serviços é menor. Este e outros fatores fazem com que esta quantidade seja variável, caracterizando os lava-jatos como uma atividade de demanda flutuante. Como se

observa na Tabela 8, a maioria dos lava-jatos pesquisados lava uma média de 40 carros por semana. A quantidade de carros lavados nestes estabelecimentos depende da localização, da estrutura e da solidez do mesmo. Lava-jatos que estão iniciando as atividades, sem uma boa localização e estrutura, atendem a uma baixa demanda, lavando uma média de 15 ou 10 carros por semana.

5.1.2 Volume de Água Utilizado na Lavagem de um Veículo

A quantidade de água, que cada lava-jato pesquisado gasta para lavar um veículo, é mostrada na Tabela 9.

Tabela 9. Volume de água utilizado na lavagem de um veículo.

Categoria	Volume de Água (L)	Lava-jatos (%)
Carro	500	10
	200	5,0
	160	2,5
	145	2,5
	125	2,5
	100	2,5
	85	2,5
	75	2,5
	60	2,5
	50	2,5
	30	5,0
	20	7,5
	10	10
Caminhão	1000	2,5
Carro	Não sabem	32,5
Moto	Não sabem	2,5
Caminhão	Não sabem	5,0
Total		100

Segundo os proprietários de lava-jatos, a quantidade de água gasta para lavar um veículo depende da sujeira do mesmo, como também, da potência da bomba compressora.

Afirmam que bombas domésticas, que alguns lava-jatos pequenos utilizam, têm um jato menor, portanto gastando menos água. Possivelmente, estas condições justifiquem o fato de os proprietários, que responderam, informaram com uma amplitude de 490 litros, portanto muito alta. Os proprietários que informaram empregar 85 L e 60 L compram água e utilizam 3000 L da mesma para lavar em média 35 e 50 carros, respectivamente, sendo esta uma informação mais precisa uma vez que eles têm controle sobre o volume de água comprado e utilizado na lavagem dos veículos. Dos entrevistados, 40% alegam não saber quantos litros de água empregam na lavagem dos carros por se tratar de água de poço, embora outros proprietários, que também utilizam esta água, estimaram a quantidade.

As empresas dependem do meio ambiente para retirar os insumos de que precisam para a execução das suas atividades e, como parte de sua responsabilidade social, devem usá-los racionalmente, como a energia, os materiais e a água. Esta atitude não só contribui para a preservação ambiental como também representa economia para a empresa, aumentando as suas chances de sucesso. Na medida do possível, os materiais devem ser reciclados ou reutilizados, como a água utilizada na lavagem dos carros em lava-jatos, que passando por um tratamento, pode ser reutilizada na mesma atividade.

5.1.3 Procedência da Água Utilizada nos Lava-jatos

As fontes da água que os lava-jatos pesquisados utilizam para lavar os veículos são mostradas na Tabela 10.

Tabela 10. Procedência da água utilizada nos lava-jatos.

Procedência da Água	Lava-jatos (%)
Utiliza água de chuva e de carro pipa	2,5
Utiliza água de poço e de chuva	2,5
Utiliza água de chuva	2,5
Utiliza água de poço e de carro pipa	5
Utiliza água da CAGEPA*	7,5
Utiliza água de carro pipa	7,5
Utiliza água de poço	72,5
Total	100

* CAGEPA: Companhia de Água e Esgotos da Paraíba.

Como se pode observar na Tabela 10, a grande maioria dos lava-jatos pesquisados utiliza água subterrânea para as suas atividades. O restante divide-se em outras formas de obtenção de água tais como: comprando-a de carros-pipas, utilizando água da companhia de água e esgotos do estado (CAGEPA), e até armazenando água de chuva. Dos lava-jatos pesquisados, apenas um reutiliza para a lavagem de veículos, parte da água do seu efluente, após um tratamento físico do mesmo.

5.1.4 Quantidade de Detergente Utilizada na Lavagem de um Veículo

As quantidades de detergente utilizadas na lavagem de um veículo nos lava-jatos pesquisados são mostradas na Tabela 11.

Tabela 11. Quantidade de detergente utilizada na lavagem de um veículo.

Categoria	Quantidade de detergente (L)	Lava-jatos (%)
Carro	0,03	5,0
	0,04	2,5
	0,05	2,5
	0,06	2,5
	0,08	2,5
	0,1	32,5
	0,2	25,0
	0,3	10,0
	0,4	5,0
	0,5	2,5
Moto	0,05	2,5
Caminhão	01	5,0
	03	2,5
Total		100

Como se pode observar na Tabela 11, dos lava-jatos pesquisados, 32,5% informam utilizar uma média de 0,1 L de detergente na lavagem de um carro, e 25% deles afirmam utilizar uma média de 0,2 L. Representando a soma destes dois percentuais, a maioria dos lava-jatos (57,5%), portanto, fazendo-se uma média aritmética destas quantidades de detergente gastas, obtemos um volume de 0,15 L. Estimamos, então, que, para lavar uma média de 2000 veículos, são gastos 300 L de detergente, semanalmente, nestes quarenta lava-jatos.

Os detergentes, juntamente com os sabões, representam 85 % do consumo mundial de materiais de limpeza (TIBONI et al., 2005, [on line]), o que preocupa muitos cientistas ligados ao meio ambiente. Este fato fez com que o Comitê Econômico e Social Europeu (CESE), em 2004, recomendasse a utilização de produtos totalmente biodegradáveis e não tóxicos na formulação de detergentes e sabões, bem como a implantação de um programa de educação aos consumidores, visando a não utilização excessiva destes produtos. Mesmo tendo uma biodegradação superior a 98%, o ácido linear alquilbenzeno sulfônico, matéria prima para a fabricação de detergentes, é tóxico para a vida aquática, mesmo em concentrações muito baixas (DETEN, 2002, [on line]).

5.1.5 Tempo de Atuação dos Lava-jatos

O tempo de funcionamento dos lava-jatos pesquisados é mostrado na Tabela 12.

Tabela 12. Tempo em que atua na atividade de lava-jatos.

Tempo em que Atua na Atividade de Lava-jatos	Entrevistados (%)
Menos de 1 ano	25
De 1 a 5 anos	52,5
Acima de 5 anos	22,5
Total	100

Analisando os dados da tabela 12, observa-se que, cerca de 77 % das pessoas que trabalham com lava-jatos, iniciaram esta atividade há menos de seis anos, indicando a proliferação dos lava-jatos nos últimos tempos.

O pequeno empeendedor, vital no funcionamento da economia brasileira, tornou o Brasil um dos países mais empreendedores do mundo. Segundo o Relatório Global, Em 2000, o país ficou com a 1ª colocação, caindo para a 5ª, em 2001, para a 7ª, em 2002, e subindo para a 6ª colocação em 2003, na classificação mundial de empreendedorismo. Por exemplo, em 2002, um em cada sete brasileiros estava envolvido com alguma atividade empreendedora, segundo o mesmo relatório. Mas, somente a capacidade empeendedora não é suficiente, havendo a necessidade de aliar esta capacidade à prática, fazendo-se um planejamento que vise as metas, calcule os riscos, busque inovações e esteja atento às oportunidades que surgirem (CADORE, 2004). O planejamento bem feito e com acompanhamento é fundamental para o sucesso da empresa (COPPLA, 2004).

Dados da Relação Anual de Informações Sociais e do Ministério do Trabalho e Emprego (RAIS/MTE) de 2000, indicam que 93% do total dos estabelecimentos

empregadores do país são empresas de micro e pequeno porte, respondendo por cerca de 20% do Produto Interno Bruto (PIB) e 53% dos empregos formais no Brasil, ressaltando a importância das micro e pequenas empresas para o desenvolvimento econômico e para a distribuição de renda do País.

5.1.6 Situação Legal dos Lava-jatos

Dos lava-jatos pesquisados, 42,5% são formais e 57,5% são informais. Os proprietários, que não formalizaram a atividade, alegam dificuldades financeiras para arcar com os encargos, dificuldades burocráticas, falta de informações, indefinição se vai continuar na atividade e alguns não tiveram interesse em formalizar. No Quadro1, apresenta-se uma síntese dos motivos citados pelos entrevistados para não formalizar as empresas.

Quadro 01. Dificuldades encontradas para formalizar-se.

Expressões
"Tentei formalizar mas precisava de 600 reais, pagar contador que é de 100 a 150 reais no mínimo. Não tem condições".
"Eu estou abrindo uma empresa agora, só que esbarrei em alguns trâmites legais, porque é muito burocrático; é um monte de papel e eu falei com um contador; ele disse que tem uma lei para ser votada agora que é para simplificar. Ela entraria como empresa simples e eu pagaria menos impostos. Eu estou aguardando para ver".
"É muito caro, muitos impostos".
"Não procuramos formalizar porque é alugado".
"Não procurei fazer porque isso é alugado e o que eu ganho aqui é muito pouco".
"Muitas dificuldades. Lidar com comércio é imprevisível. Tem semana que o comércio é bom e tem semana que é fraco. Para assinar carteira de empregado fica difícil".
"O lucro é pouco. Não dá para arcar com os encargos".
"Nunca procurei formalizar porque o movimento é pequeno".
Está começando e não sabia que precisa de licenciamento para funcionar.
"Já procurei formalizar, mas encontrei dificuldades. Os impostos são muito caros".
"Não procurei. As taxas são caras".

A cada ano, milhares de empreendedores abrem novas empresas, levados por sonhos de realização de suas aspirações. Neste momento, o futuro empresário deve estar preparado

para a competitividade do mercado e para enfrentar a burocracia e a extensa legislação, muitas vezes, de difícil compreensão (COPPLA, 2004).

Segundo o SEBRAE (2005), as empresas informais já são mais do que o dobro do número das empresas formais. Esta situação vem se agravando nos últimos anos com o aumento do desemprego, quando os trabalhadores não têm muita escolha e, geralmente, aceitam o que lhes é oferecido, ou seja, trabalhar na informalidade. Também as dificuldades encontradas pelo poder público para a fiscalização destas empresas aumentam com a informalidade, dispersão setorial e geográfica e também, na maioria dos municípios, faltam recursos e mecanismos para fiscalização.

As micro e pequenas empresas dinamizam a economia, sendo eficientes geradoras de tributos, mas estima-se que existem no Brasil mais de 12 milhões de negócios na informalidade (SEBRAE, 2005), e que a maioria não tem rentabilidade suficiente para arcar com a carga tributária e o custo burocrático da sua formalização. Ainda, segundo o SEBRAE (2005), a carga tributária do País se aproxima de 38% do PIB, sendo a mais elevada dos países em desenvolvimento, e está concentrada nos bens e serviços, portanto, nos meios de produção e consumo, setores onde se encontram as micro e pequenas empresas. É esta pesada carga tributária que leva as empresas à informalidade, impede o seu crescimento, assim como, impede a possibilidade de contratar pessoas, ter clientes maiores, acesso ao crédito, solidificar-se no mercado.

No Brasil, a informalidade é crescente e o insucesso empresarial atinge 60% dos empreendedores, até o terceiro ano após a abertura do negócio, desgastando os suportes econômico e social do País e diminuindo a competitividade das empresas. Os pequenos negócios não têm as condições necessárias para fazer aos seus clientes o repasse de uma elevada carga tributária embutida nos preços e depois recolhê-la ao governo. Esta situação ocorre devido ao elevado leque de ofertas, baixo poder aquisitivo do consumidor e à

informalidade. Esta, devido à exclusão dos impostos e outros encargos puxa os preços artificialmente para baixo. Tratar as pequenas e micro empresas como agentes arrecadadores de receitas tributárias desestabiliza as suas competitividades, e inibe seus reais papéis de geradoras de emprego e renda. Compete a elas sim, desempenhar o papel de geradoras de tributos à medida que fazem a economia girar (SEBRAE, 2005).

5.1.7 Dificuldades Encontradas para Atuar na Área de Lava-jatos

Quando questionados se encontram dificuldades para atuar na área de lava-jatos, 40 % dos entrevistados afirmam não encontrar nenhuma dificuldade e 60 % afirmam encontrar algum tipo de dificuldade como: concorrência, mão de obra qualificada, responsabilidade com o carro do cliente, lucratividade pequena, dentre outros. O Quadro 2 mostra uma síntese de algumas expressões justificativas para “sim” e para “não”.

Quadro 2. Dificuldades encontradas para atuar na área de lava-jatos.

Variável	Expressões
Não	“Dificuldade existe em toda área. Mas aqui dá para ganhar o pão de cada dia”. “Não tenho, graças a Deus. Isso depende da qualidade do serviço. Se fizer direito o cliente traz um amigo, que traz outro... Se fizer mal, ele não volta”. “Não temos. É uma área boa para quem gosta de fazer. Para quem tem uma clientela boa, é o melhor emprego”. “Não tenho. Só a chuva atrapalha”.
Sim	“Não é uma atividade muito viável. Já tive que vender o carro para honrar as dívidas. Estou vendo que estou andando para trás”. “Eu sou sincero em dizer que o problema desse negócio aqui é a formação do pessoal. O material humano, por incrível que pareça, num país que precisa tanto de trabalho. Eu procuro fazer sempre o melhor; e eu não posso ter uma empresa 100% com funcionário 50%. Eu procuro sempre padronizar a qualidade, ir melhorando, mas é difícil formar o funcionário, mesmo numa atividade que aparentemente é simples”. “Está fraca a atividade dos lava jatos. Estou pensando em fechar”. “Estou aqui porque eu preciso e não porque eu quero. Estamos ficando velhos e sem nenhuma garantia. O dinheiro não dá para pagar a previdência”.

Continuação

Sim	"Concorrência desleal. Quem é formal paga impostos, direitos trabalhistas, e concorre com outros que não são formais, e somos mais fiscalizados do que os informais". A concorrência. Está iniciando e não tem experiência no ramo. "Concorrência. Outros lava-jatos fazem preço menor para pegar a clientela". "A concorrência e a responsabilidade de trabalhar com bens de outras pessoas". "Encontro porque são muitos lava-jatos aqui nas redondezas". Está começando a formar a clientela. Pouca clientela no local. "Tenho, penso até em fechar, a concorrência é grande". O local não é bom. A rua é muito estreita. "Aqui é um ponto fraco, longe do centro, não tem estrutura". "Muita dificuldade, parece um trabalho simples. O cliente quer um acabamento perfeito". "Tenho porque pago aluguel". "O lucro é pouco".

As micro e pequenas empresas enfrentam muitas dificuldades para se manter no mercado, o que leva a maioria a encerrar as atividades com pouco tempo de funcionamento. Em levantamento realizado pelo SEBRAE, entre 1998 e 1999, em 12 estados, foi constatado que 55% a 73% das empresas "morrem" com menos de três anos de funcionamento; e ainda, pesquisa realizada pelo SEBRAE, no primeiro trimestre de 2004, junto às Juntas Comerciais dos Estados, com base nas empresas constituídas e registradas em 2000, 2001 e 2002, este percentual encontra-se em torno de 50%. Os programas de apoio aos micros e pequenos empresários não têm conseguido reduzir essa mortalidade.

5.1.8 Número de Empregos Gerados pelos Lava-jatos

Os lava-jatos pesquisados empregam uma média de 3 pessoas cada, sendo que, nos finais de semanas, a maioria deles contrata diaristas. Segundo o SEBRAE, os pequenos negócios são responsáveis por 95% dos novos empregos líquidos, gerados a cada ano, contribuindo para o combate à pobreza pela geração e melhor distribuição de renda.

Segundo uma pesquisa do IBGE, as ofertas de trabalho nas micro e pequenas empresas de comércio e serviços no Brasil ocuparam 60,8% do total de empregos nestes

setores em 2001. O número de pessoas ocupadas nestes segmentos da economia atingiu 7,3 milhões em 2001 (9,7% da população ocupada), e segundo o SEBRAE (2003) os pequenos negócios reúnem cerca de 45% dos trabalhadores do país.

5.1.9 Já Tomou Conhecimento das Questões de Poluição Ambiental Causadas pelos Lava-jatos?

Quanto a ter conhecimento dos problemas de poluição ambiental causados pelos lava-jatos, somente 7,5 % dos entrevistados afirmaram não ter nenhum conhecimento. O Quadro 3 mostra algumas expressões de entrevistados com relação aos cuidados ambientais dos lava-jatos.

Quadro 3. Conhecimento das questões de poluição ambiental causadas pelos lava-jatos.

Variável	Expressões
Não	"Não. A gente tem uma certa noção. Não é todo mundo que se preocupa com isso". "Com relação a lava-jato? Sinceramente não".
Sim	"Tenho, tenho... Polui o meio ambiente, mas um pouco, porque trabalho com óleo, trabalho com produtos na lavagem dos carros, principalmente sabão e óleo diesel, senão a gente passa o dia todo e não faz nada". "É aquele negócio da SUDEMA, não é? A SUDEMA veio aqui. Está tudo certo e tem caixa de gordura. A caixa de gordura é negócio do meio ambiente, para não poluir". "Através da SUDEMA, quando eles vieram aqui, trouxeram informações, visto que eu não tinha nenhum conhecimento sobre lava-jatos e quais seriam as questões que precisariam ser melhoradas". "Já. É tanto que a parte que agride o meio ambiente... Não existe uma condição de sobreviver que não agrida um pouco o meio ambiente. De certa forma, quase tudo agride; mas já foi feito um trabalho, sobretudo com o pessoal da SUDEMA, para a gente minimizar a quantidade de sedimento que vai para a galeria. Foi feita caixa de areia para reter o óleo; o que não resolve, minimiza, como disse o rapaz da SUDEMA". "Já. Para abrir um lava-jato tem que ter conhecimento de tudo isso, caixa de filtração de óleo para que esse óleo não venha a se juntar com as águas que correm pelos esgotos e acabe prejudicando o meio ambiente. De mim mesmo, procuro deixar tudo certinho". "A SUDEMA já veio aqui. Só tem uma coisa errada: É aquela água que escorre ali, que não tem óleo, mas eles disseram que pode criar mosquito da dengue". "A SUDEMA veio aqui e examinou tudo, se a água ia para esgoto. Só que eu tenho quatro caixas de areia e a água passa de caixa em caixa". "Isso aqui não polui nada". "Sim, mas aqui a poluição é mínima, tudo é pouco". "Sei que polui, mas nunca procurei saber a quantidade".

5.1.10 Faz Algum Tipo de Tratamento no Efluente do Lava-jato?

Dos lava-jatos pesquisados, 47,5% informaram possuir caixa de areia para separar o óleo da água nos efluentes dos seus lava-jatos, e destes, 1 reutiliza a água tratada, a qual, volta ao poço para a reutilização. O restante, 52,5%, não faz nenhum tipo de tratamento, sendo os efluentes lançados diretamente nas redes de esgoto, e, em alguns casos, são lançados a céu aberto ou são drenados no solo.

A caixa de areia é um sistema de tratamento físico dos efluentes dos lava-jatos. Consiste em um filtro com camadas de areia e, eventualmente, também cascalho. Tem por finalidade reter o óleo presente nos efluentes. Periodicamente, esta areia é retirada para sua substituição por outra "limpa". Nesta pesquisa, constatou-se que este material contendo óleo e também resíduos de outras substâncias é disposto geralmente em terrenos baldios, e em alguns casos, são utilizados na construção civil. Alguns entrevistados reconhecem que este procedimento não está ambientalmente correto:

> "Poluem porque só em pegar essa areia da caixa e colocar num espaço como eu coloco aqui ao lado, a meu ver já está poluindo".
> "A areia da caixa jogamos no terreno aqui em frente. Eu acho errado porque tem óleo". (CITAÇÕES DE ENTREVISTADOS).

Hoje, é de importância vital para a empresa fabricar produtos ou prestar serviços, procurando não degradar o meio ambiente, sendo esta postura também um fator de competitividade para os negócios. A empresa, mantendo uma imagem limpa, conquista a simpatia da comunidade onde atua, além de evitar multas e punições por parte dos órgãos fiscalizadores. Esta atitude faz parte da Responsabilidade Social Empresarial, que dentre outras responsabilidades da empresa, esta deve promover a inclusão social e o desenvolvimento da comunidade em que está inserida [(INSTITUTO ETHOS / SEBRAE), 2003].

Distribuidoras de combustíveis, postos de combustíveis, armazenadores de combustíveis, lava-jatos, oficinas e afins oferecem risco ambiental, por isso devem desenvolver as suas atividades dentro de padrões de segurança para o meio ambiente e para as pessoas. Para isso, devem cumprir as leis ambientais existentes e procurar soluções que cada vez mais minimizem os impactos que estes estabelecimentos causam ao meio ambiente.

5.1.11 Acha que as Atividades dos Lava-jatos Poluem o Meio Ambiente?

A degradação do meio ambiente pela ação antrópica leva à necessidade urgente de se discutir e repensar o atual modelo de desenvolvimento, onde o meio natural é utilizado com avidez, para atender às necessidades consideradas imediatas, instantâneas até. Este modelo econômico procura induzir ao maior consumo, porque é utilizando-se deste que o presente modelo econômico sobrevive, em detrimento das florestas, dos mananciais, do solo, da fauna e flora, da biodiversidade, dos valores étnicos e culturais; enfim, em detrimento do próprio homem, especialmente aquele que faz parte da grande maioria que está excluída desta sociedade do “mais ter”.

A sociedade tem que pensar o meio ambiente como parte de si mesma e que, sem ele, em plena harmonia, a qualidade de vida definha; daí a necessidade de se adequar ao consumo justo e à conservação e até à melhoria deste, do qual dependemos e somos parte. Portanto, todas as nossas ações com relação ao meio ambiente recaem sobre nós mesmos.

Analisando-se a Tabela 13 e o Quadro 4, dos quarenta entrevistados, 20% disseram que a poluição do meio ambiente vai depender da forma como trabalhar. Na opinião deles, trabalhando nos lava-jatos, dentro dos padrões estabelecidos pelos órgãos competentes, utilizando caixas de areia, não deixando os esgotos correrem a céu aberto, e principalmente tendo cuidado com o óleo, os impactos não serão tão grandes. Outros 35% responderam que

as atividades dos lava-jatos poluem o meio ambiente por causa do óleo, principalmente, e também devido ao detergente e outros produtos químicos utilizados. Baseados nos mais variados argumentos, 32,5% dos entrevistados responderam que as atividades dos lava-jatos não poluem. Da mesma forma, 5% responderam que os lava-jatos poluem pouco, 2,5% afirmaram que não confiam na reutilização da água tratada na caixa de areia por não ter conhecimento técnico da qualidade da mesma, e 5% afirmaram não ter conhecimento se os lava-jatos poluem o meio ambiente.

Tabela 13. Opiniões sobre a relação das atividades dos lava-jatos e o meio ambiente

Opiniões	Entrevistados (%)
Depende da forma como trabalhar	20
Poluem	35
Não poluem	32,5
Poluem pouco	5
Não reutilizaria a água	2,5
Não tem conhecimento do problema	5
Total	100

O Quadro 4 mostra as diversas opiniões dos proprietários de lava-jatos sobre as atividades de suas empresas e a poluição do meio ambiente.

Quadro 4. Opiniões sobre as relações das atividades dos lava-jatos e o meio ambiente.

Categoria	Expressões
Depende da forma de trabalhar	"Trabalhando dentro dos padrões certos, eu creio que não venha a acarretar nenhum problema não". "Depende do lava-jato. Aqui temos cuidado para não jogar lata de óleo, bucha com óleo ao redor do lava-jato. Quando o caminhão de lixo passa, leva". "A areia da caixa, jogamos no terreno aqui em frente. Eu acho errado porque tem óleo". "Depende do lava-jato. Tem lava-jato em que a água vai direto para a rua". "Depende de como trabalhar. Quando eu entrei aqui tudo foi fiscalizado. A caixa de areia já retém o óleo e assim não prejudica o meio ambiente". "Não. Depende do produto que a pessoa usa. Aqui, na lavagem, tem essa caixa seca para sair o óleo". "Depende, onde aplica muito óleo, polui mais. E a água sem a caixa de areia polui o meio ambiente". "Se não tiver os cuidados devidos, acho que sim, porque o óleo é produto químico". "Vai depender de cada um. Poder, pode, mas eu acho que não polui tanto assim".
Poluem	"Poluem, e muito. Quando lavamos um carro ou uma moto, sai aquela graxa que é tóxica e não faz bem para ninguém, nem para a natureza". "Acho que sim, principalmente os lava-jatos que trabalham com óleo". "Sim. Porque tem lava-jato que não tem rede de esgoto, corre para dentro do açude, onde o animal bebe água, onde tem vegetação e o óleo mata vegetação e animais". "Polui por causa do óleo". "Acho, porque se não fizer as caixas como a SUDEMA indica, pode poluir". "Óleo diesel, óleo queimado poluem o meio ambiente e a água que sai da caixa de areia sai com pouco óleo e por isso não prejudica tanto o meio ambiente". "Poluem. Tem o detergente, o banho de óleo, as garrafas de óleo que comprometem". "Poluem porque só em pegar essa areia da caixa e colocar num espaço como eu coloco aqui ao lado, a meu ver, já está poluindo". "Sim, por causa do óleo que corre junto com a água e dos produtos químicos que usamos para limpar o motor e debaixo dos carros (soda cáustica, ácido sulfúrico)". "Eu acredito que sim, tanto lava-jatos quanto pintura, tudo polui". "Eu acredito que sim. Todo mundo preocupado com a questões do meio ambiente Eu não tenho a noção perfeita, mas tudo o que se joga no meio ambiente está alterando". "Com certeza, se não tivesse essas caixas de areia".
Não poluem	"Não, não, não, traz não". "Não. Não tem perigo. Quem faz troca de óleo... esse aí tem que ter um cuidado maior". "Eu não tenho a rampa e não tenho o banho de óleo já pra não ter poluição. A minha morada é aqui e eu não posso fazer banho de óleo, usar nenhum poluente porque a minha menina é alérgica. A água corre, água a poeira, não tem esgoto, ela corre a céu aberto e pega o riacho". "A gente trabalha mais com óleo diesel, mas eu acho que essas caixas de retenção chegam a reduzir praticamente todo o óleo. Tem tantas atividades que polui mais que lava-jato". "Não. A água é filtrada e o pouco óleo fica nas caixas". "Eu acho que não porque aqui eu não uso material químico. Só o detergente e a cera. Na lavagem do motor do carro o óleo que sai é insignificante". "Não, eu acredito que não porque a gente não trabalha com óleo e o banho de óleo é o que dá poluição no ar. O pouco óleo que sai com a água vai embora para o esgoto. A água leva e não polui".

Continuação

Não poluem	"Não. A gente usa detergente, óleo diesel. Mas óleo diesel todo carro queima e não polui nada não". "De forma alguma. A água de poço é corrente e não polui nada, pelo contrário. Agora existem alguns produtos como óleo diesel, mas é um óleo fino e se usa pouco. Usa-se o desengraxante..." "Acho que não. A água do esgoto, uma parte vai para a rua e da rua vai para a rede coletora de esgoto". "Não polui, aqui não afeta as árvores". "Não. Eu mexo com água, detergente, óleo diesel e desengraxante". "Não, porque a água vai para o esgoto. Mas chegando nos rios pode poluir. É óleo".
Poluem pouco	"Dados técnicos... eu deveria ter mais conhecimento. Tem a questão do óleo, do detergente. Mas eu acho que o impacto não é muito grande. Existem as grandes empresas que lançam mais dejetos". "Poluir, não digo que polui, porque quando essa água sai da caixa de areia, sai com 80% desse produto retirado. Mas é aquela história, não diria que não agride, mas agride com um percentual mínimo".
Reutilização da água do efluente	"Dessa forma sim. Se vai reutilizar essa água que sai da caixa de areia para a lavagem de outros carros, sem ter uma visão do tamanho do perigo que ela pode trazer. Como eu não tenho conhecimento concreto, prefiro não reutilizar essa água. Eu acho que é por aí".

O crescimento econômico é necessário, mas deve ser implementado por métodos que preservem a natureza, e não se considerar apenas o imediatismo econômico. A sustentabilidade econômica baseada na exploração irracional da natureza é transitória, deixando como herança apenas a destruição e certamente grandes problemas advindos da escassez do que antes era abundante e utilizado sem parcimônia. Hoje, é essencial o uso sustentável dos recursos renováveis, como a água, por exemplo.

O meio ambiente não pode ser pensado como receptor infinito dos dejetos das atividades humanas. Ele já se encontra saturado e com pouca capacidade de depuração devido ao crescimento da população, na maioria das vezes desordenado, população esta que consome e produz dejetos numa velocidade tal que nem a sábia natureza consegue alcançar.

5.2 Segunda Fase

Na segunda fase do experimento, foi estudada a biodegradabilidade do substrato (detergente, óleo e lodo anaeróbio). Os resultados mostraram que parte compostos dos detergentes foram consumidos nos primeiros 18 dias de operação dos reatores e que, possivelmente, o óleo demandou um tempo de aproximadamente 100 dias para que tivesse sua fração solúvel consumida. Parte do lodo também foi consumida durante os 147 dias de tratamento, sendo que este consumo foi mais demorado, como pode-se verificar através das constantes de decaímento da DQO.

5.2.1 Concentrações do Lodo Afluente e Efluente Durante a Segunda Fase

As concentrações dos sólidos do lodo afluente e efluente dos reatores para o período de operação de 147 dias são apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14. Concentrações de sólidos do lodo afluente e efluente para 147 dias de operação.

Tratamentos	ST(g/L)		SV(g/L)		SST(g/L)		SSV(g/L)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
T1	28,3	20,3	15,6	10,6	26,7	17,5	14,98	9,32
T2	28,3	19,9	15,6	10,3	26,7	17,9	14,98	9,96
T3	28,3	20,5	15,6	10,3	26,7	18,8	14,98	10,43
T4	28,3	19,7	15,6	9,6	26,7	18,1	14,98	9,74
T5	28,3	19,8	15,6	10,1	26,7	18,2	14,98	9,76
T6	28,3	21,2	15,6	10,3	26,7	20,4	14,98	10,62

As concentrações de sólidos voláteis e de sólidos suspensos voláteis do lodo diminuíram durante os 147 dias de operação dos reatores de batelada, conforme é mostrado na Tabela 14, indicando que houve digestão do lodo.

5.2.2 Remoções de DQO Durante a Operação da Segunda Fase

Na Tabela 15, são apresentados os valores da DQO bruta e da DQO filtrada afluentes e efluentes e as remoções para, respectivamente, os períodos de 100 dias e de 18 dias de operação dos reatores em batelada.

Tabela 15. Concentrações da DQO bruta afluentes e efluentes e suas remoções no período de 100 dias de operação e concentrações da DQO filtrada e suas remoções no período de 18 dias.

Tratamentos	$DQO_{bruta}(mgO_2/L)$		Remoção (%)	$DQO_{filtrada}(mgO_2/L)$		Remoção (%)
	Afluente	Efluente		Afluente	Efluente	
T1	3550,0	692,0	80,50	62,0	58,0	6
T2	3490,0	704,0	79,82	354,0	47,0	86
T3	4212,0	800,0	81,00	293,0	83,0	72
T4	3851,0	883,0	77,07	703,0	72,0	89
T5	2407,0	788,0	67,26	400,0	74,0	81
T6	3129,0	776,0	75,19	482,0	84,0	82

A remoção da DQO aos 100 dias de experimento para os seis tratamentos, conforme é mostrado na Tabela 15, removeu o mínimo de 67% (tratamento T5) e máximo de 81% (tratamento T3). A fração do óleo solúvel em água que é formada por determinados compostos como os hidrocarbonetos monoaromáticos (BTEX: benzeno, tolueno etilbenzeno, xilenos) e outros podem sofrer degradação biológica (CETESB, 2005, [on line]). Os BTEX podem sofrer biodegradação por processos anaeróbios (GUSMÃO, 2005). Verificou-se, nesta investigação, que ao final do tratamento, o óleo ainda aparecia no sobrenadante, indicando a sua difícil degradação, e que, provavelmente nesta pesquisa, apenas esta fração solúvel veio a sofrer biodegradação.

Quanto à remoção da DQO filtrada observa-se que, os dezoito dias iniciais de operação foram suficientes para remover a DQO solúvel, supostamente constituída de detergente. O tratamento T4, o qual continha a maior concentração de detergente, apresentou a maior remoção, que foi de 89%, indicando que o detergente formou a fração solúvel da DQO, que foi rapidamente consumida.

O comportamento do volume acumulado de metano na remoção da DQO filtrada para os dezoito dias iniciais é mostrado na Figura 4.

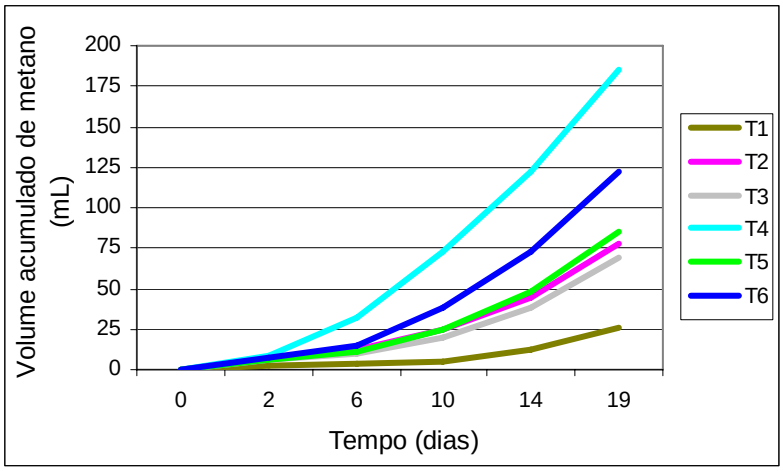

Figura 4. Volume acumulado de metano para a remoção da DQO filtrada.

Observa-se, na Figura 4, que, desde o início, o tratamento T4, que continha uma maior quantidade de detergente (3,0 g), acumulou uma maior quantidade de metano, vindo em seguida os tratamentos T6, com 1,5 g de detergente, 0,03 g de óleo e também 60 mL de esgoto, o que possivelmente contribuiu para a referida produção de metano. Em seguida, o tratamento T5, com 1,5 g de detergente e 0,06 g de óleo, o tratamento T2 com 1,5 g de detergente, e, a seguir, o tratamento T3 com 1,0 g de detergente e 0,03 g de óleo. Finalmente vem o tratamento T1, sem detergente e óleo.

5.2.3 Parâmetros Químicos Analisados na Segunda Fase

Na Tabela 16, são apresentados os valores dos parâmetros químicos dos seis tratamentos para o período de 100 dias de operação dos reatores de batelada.

Tabela 16. Parâmetros químicos afluentes e efluentes dos tratamentos para o período de 100 dias de operação dos reatores.

Tratamentos	pH		Alc. Total(mg$CaCO_3$/L)		AGV(mgHác./L)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
T1	7,2	7,3	203,9	402,6	13,8	50,9
T2	7,6	7,5	214,2	419,7	18,6	31,4
T3	7,4	7,1	232,8	401,4	39,1	63,2
T4	7,4	7,5	263,9	442,1	52,4	63,9
T5	7,3	7,8	209,1	382,6	37,9	75,8
T6	7,4	7,3	222,5	393,1	31,6	72,9

Observa-se na Tabela 16, que ocorreu um acréscimo dos AGVs e da alcalinidade total em todos os tratamentos. Quanto ao aumento dos AGVs, pode ser uma evidência de que a fermentação ácida dos sistemas de tratamento se sobressaiu em relação à fermentação metanogênica (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994).

5.2.4 Volume e Composição do Metano Produzido na Segunda Fase

As Figuras 5 e 6 apresentam a composição percentual de metano e o volume acumulado deste gás durante os 147 dias de operação dos reatores dos seis tratamentos.

Observa-se, na Figura 5, que a produção de metano foi crescente até cerca dos 120 dias, sendo que, a partir deste tempo, ocorreu diminuição na produção deste gás.

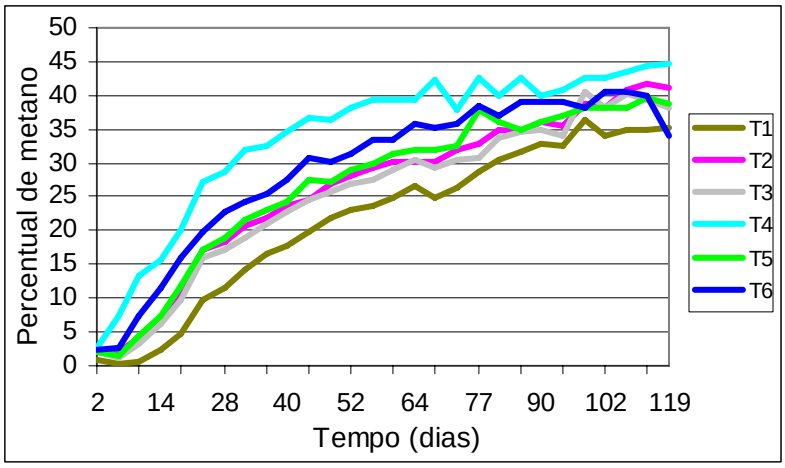

Figura 5. Percentual de metano produzido durante os 147 dias de operação.

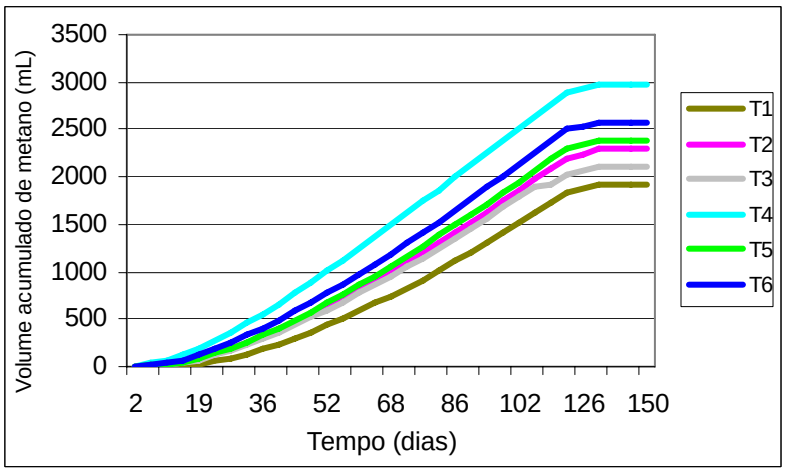

Figura 6. Volume acumulado de metano durante os 147 dias de operação nas CNTP.

Quanto ao percentual e à produção de metano (Figuras 5 e 6 e Tabela 17), o tratamento T4 apresentou o maior percentual e a maior produção desde o início, atingindo o máximo de 44,57% aos 119 dias de operação, sendo que, a partir daí a produção de metano começou a cair acentuadamente em todos os tratamentos. Aos 147 dias, os tratamentos T1, T3, T4 e T6 atingiram zero em percentual de metano e os tratamentos T2 e T5 chegaram a produzir, respectivamente, apenas 0,17 e 0,12% de metano. Durante os 147 dias, o tratamento T4 foi o que produziu um maior volume de metano (2978 mL); em segundo lugar, o tratamento T6 que atingiu o percentual máximo aos 102 dias com 40,52% de metano e acumulou 2567 mL do gás; em terceiro lugar, está o tratamento T5, que atingiu o percentual

máximo aos 119 dias com 38,71% de metano e acumulou 2377 mL do gás; em quarto lugar, está o tratamento T2, que atingiu o percentual máximo aos 106 dias com 40,74% de metano e acumulou 2302 mL do gás; em quinto lugar, está o tratamento T3 que atingiu o percentual máximo aos 98 dias com 40,63% de metano e acumulou 2109 mL do gás; e finalmente, em sexto lugar, o tratamento T1 que atingiu o percentual máximo aos 98 dias com 36,41% de metano e acumulou 1910 mL do gás.

O tratamento T4, que tinha a maior concentração de detergente (3,0g), apresentou a maior produção de metano, o que demonstra a biodegradabilidade deste produto nesta concentração em processo anaeróbio. O tratamento T6, no qual os nutrientes (meio mineral Bushnell Hass Broth) foram substituídos por esgoto bruto, apresentou a segunda maior produção de metano, indicando que, neste tipo de tratamento, esgoto bruto pode substituir nutrientes minerais. O tratamento T5 cujo substrato é formado por 1,5g de detergente mais 0,06g de óleo, quando comparado com o tratamento T2, em que o substrato é formado apenas por 1,5g de detergente, apresentou uma maior produção de metano, indicando que a presença do óleo contribuiu para uma maior produção deste gás. O tratamento T3 cuja concentração de detergente é menor (1,0g de detergente) mais 0,03g de óleo apresentou uma menor produção de metano quando comparado aos tratamentos T2, T4, T5 e T6, os quais continham uma maior quantidade de detergente. Isto indica que ocorreu biodegradabilidade anaeróbia de compostos presentes no detergente empregado.

Na Tabela 17, são apresentados os percentuais máximos de metano e o tempo em que foram atingidos, bem como os volumes acumulados deste gás durante os 147 dias de operação dos reatores da segunda fase.

Tabela 17. Percentual máximo atingido e o volume acumulado de metano durante a operação da segunda fase.

Tratamentos	Tempo (dias)	% máximo de CH_4	Volume acumulado de CH_4 (mL) nas CNTP durante147 dias.
T1	98	36,41	1910
T2	106	40,74	2302
T3	98	40,63	2109
T4	119	44,57	2978
T5	119	38,71	2377
T6	102	40,52	2567

5.2.5 Volume de Metano Teórico e Volume Medido Durante o Monitoramento

O volume teórico de metano baseado na remoção da DQO do lodo e do sobrenadante e o volume medido durante o monitoramento dos reatores da segunda fase, são apresentados nas Tabelas 18 e 19.

Tabela 18. DQO do lodo removida e volume teórico de metano produzido pelo lodo durante a operação dos reatores da segunda fase.

Tratamentos	SSV($g.L^{-1}$)		DQO($g.L^{-1}$)		$DQO_{removida(g)}$	$CH_{4\ SSV}$(L)
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente		
T1	14,98	9,32	21,27	13,23	6,43	2,25
T2	14,98	9,96	21,27	14,14	5,70	1,99
T3	14,98	10,43	21,27	14,81	5,16	1,80
T4	14,98	9,74	21,27	13,83	5,95	2,08
T5	14,98	9,76	21,27	13,86	5,93	2,07
T6	14,98	10,62	21,27	15,08	4,95	1,73

Tabela 19. DQO removida do sobrenadante, volume teórico de metano do sobrenadante + volume teórico de metano do SSV e o volume de metano medido durante o monitoramento da segunda fase.

Tratamentos	$DQO_{sobrenadante}$ ($g.L^{-1}$)		DQO removida(g)	CH_4 $sobrenadante_e$(L)	CH_4 SSV (L)	CH_4 teórico total (L)	CH_4 medido (L)
	Afluente	Efluente					
T1	3,5	0,7	2,2	0,78	2,25	3,03	1,91
T2	3,5	0,7	2,2	0,78	1,99	2,77	2,30
T3	4,0	0,8	2,5	0,89	1,80	2,69	2,10
T4	4,0	0,9	2,5	0,87	2,08	2,95	2,97
T5	2,0	0,8	1,0	0,35	2,07	2,42	2,37
T6	3,0	0,8	1,7	0,62	1,73	2,35	2,56

Observa-se, na Tabela 19, que os volumes teóricos de metano aproximam-se dos volumes medidos, sendo que os tratamentos T1, T2 ,T3 e T5 apresentaram volumes teóricos maiores e os tratamentos T4 e T6 apresentaram volumes teóricos um pouco menores que os volumes medidos. A massa de DQO removida é teoricamente convertida em metano, portanto, o volume teórico de metano deveria ser igual ao volume de metano medido. Neste experimento, observa-se que o volume teórico de metano do sobrenadante fica bastante distanciado do volume medido; mas, somando-se a este o volume teórico de metano da DQO do lodo, então, com exceção do tratamento T1, o volume total teórico de metano dos demais tratamentos fica bastante aproximado do volume medido. Este fato demonstra que, possivelmente, a maior parte do metano produzido nestes tratamentos é referente à degradação do lodo.

O volume teórico de metano e o volume medido para os primeiros dezoito dias de operação dos reatores dos tratamentos da segunda fase são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20. DQO filtrada removida, volume teórico de metano da DQO filtrada e volume de metano medido durante os dezoito primeiros dias de operação dos reatores da segunda fase.

Tratamentos	$DQO_{filtrada}$ ($mg.L^{-1}$)		$DQO_{removida}$ (mg)	CH_4 $DQO_{filtrada}$(mL)	CH_4 medido(mL)
	Afluente	Efluente			
T1	62	58	3,2	1,1	22
T2	354	47	245	85	53
T3	293	83	168	59	48
T4	703	72	505	177	112
T5	400	74	260	91	60
T6	482	84	318	111	84

Observa-se, na Tabela 20, que o material filtrado, provavelmente formado por detergentes, contendo considerável fração de alquilbenzenos sulfonados lineares (LAS), e por SSV do lodo anaeróbio, foi parcialmente consumido durante os dezoito dias iniciais. Substâncias como os LAS e ramificados (ABS) podem ser degradados por processos biológicos aeróbios e anaeróbios, no entanto, a degradação desses detergentes é complexa. O primeiro passo na degradação é a dessulfonação do anel aromático, seguida pela oxidação da cadeia alquílica por via biológica resultando na formação de dióxido de carbono, água e sulfato (Vazoller, 2004).

A degradação de detergente só se completa com a ruptura do radical alquila e a abertura do anel benzênico. Apesar de não serem bem conhecidas as etapas da biodegradação, as bactérias anaeróbias são capazes de utilizarem os alquilbenzenos sulfonados lineares como fonte de energia, de carbono e de enxofre (COOK et al., 1999 apud DUARTE et al., 2005).

Tratar LAS por processo anaeróbio é muito difícil, pois ocorre inibição das bactérias metanogênicas. A degradação de surfactante tipo LAS foi estudada em dois estágios de sistemas anaeróbios, onde o reator continha *Pseudomonas aeruginosa.* Os resultados

mostraram que os surfactantes só foram destruídos no reator acidogênico, enquanto que, no reator metanogênico não ocorreu degradação. Portanto, houve uma inibição devido a uma acumulação de LAS no lodo anaeróbio (ALMENDARIZ et al., 2000).

Por outro lado, Duarte et al. (2005) operando dois reatores anaeróbios horizontais de leito fixo com biomassa imobilizada, tratando LAS com diferentes condições nutricionais, conseguiram eficiência de remoção de cerca de 50%.

5.2.6 Constantes Cinéticas da DQO

A Tabela 21 apresenta os valores das constantes de decaímento para a DQO filtrada, a DQO bruta e a DQO do lodo durante a operação dos reatores da segunda fase.

Tabela 21. Constantes de decaímento da DQO.

Tratamentos	$DQO_{filtrada}$ (k_d . dia^{-1})	DQO_{bruta} (k_d . dia^{-1})	DQO_{lodo} (k_d . dia^{-1})
T1	0,0037	0,016	0,0032
T2	0,1121	0,016	0,0027
T3	0,070	0,016	0,0024
T4	0,1265	0,015	0,0029
T5	0,0937	0,011	0,0028
T6	0,0970	0,013	0,0023

Observa-se, na Tabela 21, que as constantes de decaímento para a DQO filtrada para um tempo de 18 dias, com exceção do tratamento T1, apresentou-se com uma velocidade maior do que as constantes verificadas para a DQO bruta, que teve um tempo de 100 dias, e a

DQO do lodo, com um tempo de 147 dias. Este fato pode estar relacionado com as características do material a ser degradado, sendo a DQO filtrada, rapidamente digerida, vindo em seguida a DQO bruta e a DQO do lodo, respectivamente.

Nas Figuras 7, 8 e 9, são apresentadas respectivamente, a DQO filtrada, a DQO bruta e a DQO do lodo, remanescentes nos reatores após o término do tratamento.

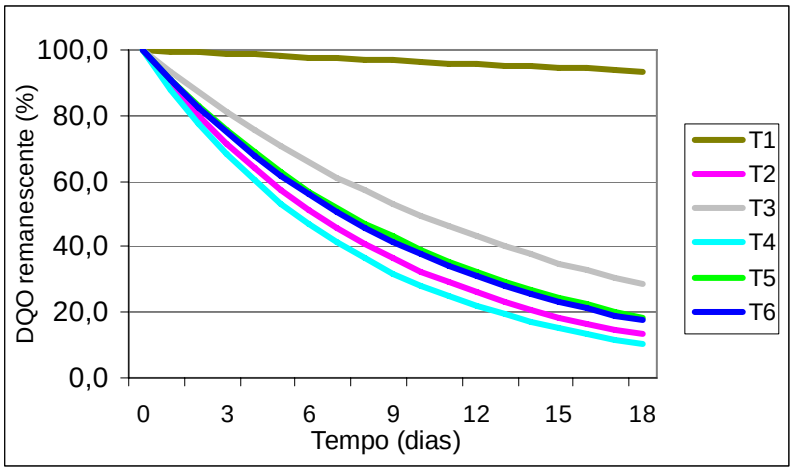

Figura 7. DQO filtrada remanescente nos reatores após 18 dias de tratamento.

Como se pode observar, na Figura 7, o tratamento T1, que não continha óleo e detergente, praticamente não apresentou remoção de DQO, permanecendo no sistema após o término do tratamento 93,5 % da DQO inicial. Para o tratamento T3, permaneceu no sistema 28,4 % da DQO inicial; para o tratamento T5, 18,5 %, para o tratamento T6, 17,4 %, para o tratamento T2, que não continha óleo, permaneceu no sistema apenas 13,3 % da DQO inicial e no tratamento T4, cuja quantidade de detergente foi a maior, permaneceu no sistema a menor quantidade da DQO inicial dentre todos os tratamentos, 10,2 %.

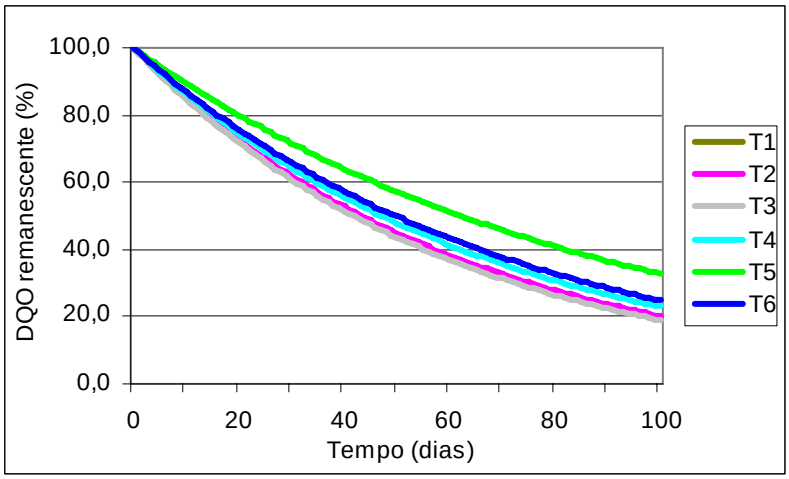

Figura 8. DQO bruta remanescente nos reatores após 100 dias de tratamento.

Observa-se, na Figura 8, que o tratamento T3, que continha uma menor quantidade de detergente, foi o que apresentou a maior remoção de DQO, restando no sistema 19 % da DQO de entrada. O tratamento T5, cujo substrato continha uma maior quantidade de óleo, apresentou uma menor remoção, permanecendo no sistema 32,7 % da DQO inicial. No tratamento T6, restou 24,8 % da DQO inicial, no tratamento T4, 22,9 %, no tratamento T2, 20,2 % e no tratamento T1, 19,5 %.

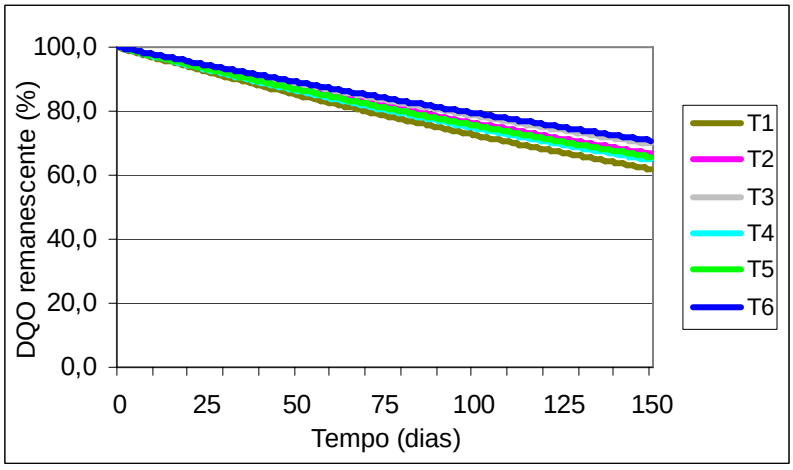

Figura 9. DQO do lodo remanescente nos reatores após 147 dias de tratamento.

Como se observa na Figura 9, as remoções da DQO do lodo ficaram próximas em todos os tratamentos, sendo o tratamento T1 o que mais removeu a DQO, permanecendo no sistema 61,9 % da DQO inicial, o que pode ser justificado pela ausência dos outros substratos (detergente e óleo), o que, possivelmente, fez com que houvesse uma maior degradação do próprio lodo. O tratamento T6 foi o que menos removeu DQO, permanecendo no sistema 70,8 % da DQO inicial.

5.2.7 Produção de Metano Correlacionada aos Tratamentos

Os percentuais de metano correlacionados aos tratamentos são apresentados na Tabela 22.

Tabela 22. Percentual de metano dos tratamentos correlacionado ao tratamento T2.

Tratamentos	% de metano produzido pelos tratamentos com relação ao tratamento T2	
	18 dias	147 dias
T3	90	92
T4	211	129
T5	113	103
T6	158	112

Para calcular o percentual da produção de metano correlacionada aos tratamentos, fez-se uso dos volumes acumulados de metano (Tabela 17 para 147 dias) e dos volumes de metano medidos (Tabela 18 para 18 dias). Aplicando-se regra de três simples, utilizou-se, como referência, o tratamento T2, por este não conter óleo na formulação do seu substrato. Comparando os tratamentos T3 , T4 , T5 e T6, cujos substratos são formados por detergente e óleo, com este, verificou-se a mesma tendência tanto para o volume de metano acumulado aos 18 dias, quando o material solúvel facilmente biodegradável já havia sido consumido, como

para o volume acumulado aos 147 dias: apenas o tratamento T3 teve uma produção de metano menor que o tratamento T2, o que, possivelmente, foi devido ao fato de o tratamento T3 ter uma menor quantidade de detergente que ele; os tratamentos T4, T5 e T6, que continham uma quantidade de detergente maior que o tratamento T3, tiveram uma maior produção de metano, sendo que, o tratamento T4, que continha o dobro de detergente do T2, foi o que produziu a maior quantidade deste gás; e também, para os 18 dias iniciais, a sua produção de metano foi superior a 100% da produção do tratamento T2. Isto demonstra a relativa rapidez da biodegradação do detergente em processos anaeróbios. Portanto, a presença de óleo lubrificante nestas concentrações utilizadas não inibiu a atividade biológica dos tratamentos anaeróbios.

5.3 Terceira Fase

5.3.1 Concentrações de Sólidos do Lodo na Terceira Fase

As concentrações dos sólidos afluentes e efluentes para o período de operação da terceira fase são apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23. Concentrações dos sólidos do lodo afluente e efluente da terceira fase.

Tratamentos	ST(g/L)		SV(g/L)		SST(g/L)		SSV(g/L)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
T1	29,1	40,7	18,0	24,2	25,6	41,4	15,8	24,8
T2	29,1	51,8	18,0	31,3	25,6	45,6	15,8	27,4
T3	29,1	41,1	18,0	25,3	25,6	39,1	15,8	23,0
T4	29,1	48,5	18,0	29,2	25,6	56,3	15,8	32,6
T5	29,1	55,8	18,0	34,7	25,6	58,1	15,8	34,4
T6	29,1	45,5	18,0	28,5	25,6	41,7	15,8	24,4

Analisando os dados da Tabela 23, houve acréscimo dos sólidos do lodo e todas as suas frações em todos os tratamentos. O aumento dos sólidos voláteis, provavelmente, ocorreu devido ao processo de anabolismo da massa bacteriana, ocorrido no período da operação.

5.3.2 Parâmetros Químicos Analisados na Terceira Fase

Na Tabela 24, são apresentados os parâmetros químicos para o período de operação dos reatores da terceira fase.

Tabela 24. Parâmetros químicos afluentes e efluentes para a operação da terceira fase.

Tratamentos	pH		Alc.Total(mg$CaCO_3$/L)		AGV(mgHác./L)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
T1	7,3	8,13	291,8	681,09	119,3	2,08
T2	7,49	8,47	227,6	1235,16	117,3	255,58
T3	7,08	9,45	163,8	1176,03	110,2	264,98
T4	7,45	8,80	205,0	1329,33	60,0	42,68
T5	7,79	9,06	240,6	1287,72	105,2	108,53
T6	7,8	9,39	234,3	1283,34	105,5	108,80

Observa-se, na Tabela 24, que houve aumento do pH em todos os tratamentos, durante os vinte dias de operação dos reatores, não havendo produção de biogás nos tratamentos T2, T3, T4, T5 e T6, neste intervalo de tempo, o que foi constatado durante as leituras do volume do mesmo. O pH ótimo para a metanogênese situa-se numa faixa que vai de 6,3 a 7,8, sendo que, em pHs menores ou maiores que esta faixa, a taxa de metanogênese diminui rapidamente (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994). Ocorreu também o aumento da alcalinidade em todos os tratamentos. Nos tratamentos T2, T3, T5 e T6, houve aumento de AGV e nos tratamentos T1 e T4 houve remoção destes ácidos.

5.3.3 Percentuais de Metano Produzidos pelos Tratamentos da Terceira Fase

Os percentuais de metano, produzidos pelos seis tratamentos, durante o período de operação da terceira fase são apresentados na Figura 10.

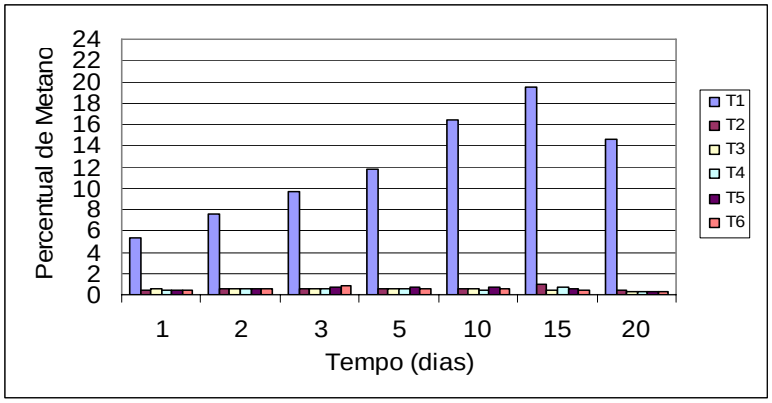

Figura 10. Percentual de metano durante a operação dos reatores da terceira fase.

Os tratamentos T2, T3, T4, T5 e T6 apresentaram baixissímos percentuais de metano, quando comparados ao tratamento T1, o qual não contém o substrato (ácido sulfônico + óleo) e teve um bom desempenho quanto aos percentuais de metano atingidos. Possivelmente, a massa bacteriana constituída de 100 mL de lodo anaeróbio tenha sido insuficiente para realizar a degradação do material. Segundo Van Haandel e Lettinga, (1994), para uma eficaz remoção de matéria orgânica em um sistema de tratamento anaeróbio, se faz necessária a presença de uma grande massa bacteriana. Deve-se considerar, também, a possível inibição do lodo causada pela quantidade de ácido sulfônico utilizado no experimento, que foi de 5 g/L. Segundo Campos et al. (1999), os fatores que mais influem na operação de um reator são a temperatura, o pH, a presença de nutrientes e a não existência de substâncias tóxicas no afluente. Por outro lado, a qualidade do lodo usado neste experimento, o qual ainda não estava adaptado aos referidos substratos, possivelmente, também contribuiu para o insatisfatório desempenho dos reatores, durante este período de operação.

5.4 Quarta Fase

5.4.1 Concentrações de Sólidos do Lodo na Quarta Fase

As concentrações dos sólidos do lodo para o período de operação da quarta fase são apresentadas na Tabela 25.

Tabela 25. Concentrações dos sólidos do lodo afluente e efluente da 4ª fase

Tratamentos	ST(g/L)		SV(g/L)		SST(g/L)		SSV(g/L)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
T1	70,3	43,4	39,0	23,4	64,2	41,9	35,8	22,7
T2	70,3	48,4	39,0	25,2	64,2	45,6	35,8	25,3
T3	70,3	62,5	39,0	32,1	64,2	58,8	35,8	32,7
T4	70,3	50,7	39,0	28,3	64,2	58,8	35,8	32,3
T5	70,3	44,1	39,0	24,5	64,2	47,0	35,8	25,3
T6	70,3	52,1	39,0	28,9	64,2	55,7	35,8	29,8

Observa-se, na Tabela 25, que as concentrações de sólidos do lodo diminuíram em todos os tratamentos. Possivelmente, isto pode ter acontecido devido a uma predominância das bactérias hidrolíticas, uma vez que elas solubilizam os sólidos orgânicos, liberando os produtos dissolvidos para a fase líquida (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994).

5.4.2 Parâmetros Químicos Analisados na Quarta Fase

Os parâmetros químicos da operação da quarta fase são apresentados na Tabela 26.

Tabela 26. Parâmetros químicos afluentes e efluentes dos tratamentos da 4ª fase.

Tratamentos	pH		Alc.Total(mg$CaCO_3$/L)		AGV(mgHác./L)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
T1	6,97	7,99	381,1	685,5	46,2	9,6
T2	7,24	7,76	358,4	662,5	131,5	428,3
T3	6,97	7,63	345,1	731,5	159,4	533,8
T4	6,94	8,5	321,4	976,0	168,9	568,2
T5	7,44	7,98	347,4	1053,4	126,0	728,1
T6	7,44	8,18	289,2	963,5	154,9	623,9

Observa-se, na Tabela 26, que houve um aumento da alcalinidade e do pH. Segundo Campos et al. (1999), no tratamento anaeróbio, o aumento da alcalinidade e do pH também é resultado do aumento da amônia. Houve um aumento dos AGV nos tratamentos, com exceção do tratamento T1, o qual não tem ácido sulfônico como substrato, verificando-se neste uma remoção de AGV.

5.4.3 Percentual de Metano nos Reatores da Quarta Fase

Os percentuais de metano apresentados pelos reatores da quarta fase, durante o período de operação são apresentados na Figura 11.

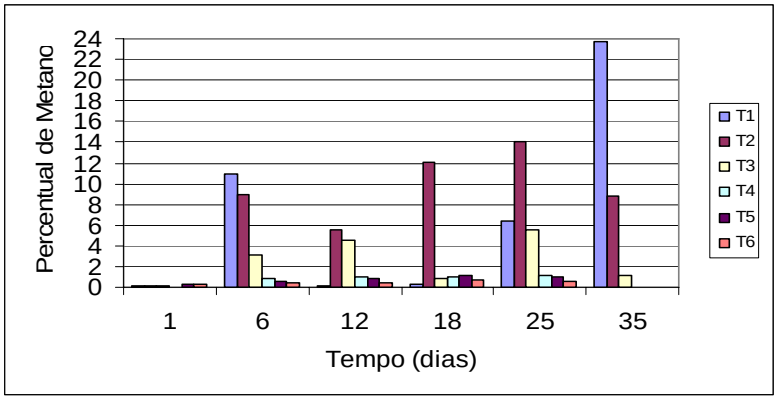

Figura 11. Percentual de metano durante a operação dos reatores da quarta fase.

O tratamento T1 (testemunha) da quarta fase, cujas concentrações de lodo, de esgoto e de nutrientes são semelhantes às concentrações do tratamento T1 da terceira fase, apresentou oscilações quanto ao seu percentual de metano produzido durante o período de operação, não tendo um desempenho similar ao mesmo tratamento da terceira fase (Figura 10). Isto ocorreu, provavelmente, devido às características do lodo anaeróbio, que nesta fase foi outro, e à queda de temperatura ocorrida na época do experimento (meses de junho e julho). O tratamento T2 apresentou um razoável percentual de metano durante a operação, indicando que a concentração de 0,5 g de ácido sulfônico é a mais satisfatória das cinco concentrações para a atividade metanogênica, tendo este tratamento atingido um percentual máximo de 14,03 de metano, aos vinte e cinco dias de operação. Em seguida, vem o tratamento T3, cuja concentração é 1,0 g de ácido sulfônico, tendo atingido um percentual máximo de metano de 5,5, também aos vinte e cinco dias de operação do reator. Os tratamentos T4, T5 e T6, cujas concentrações de ácido sulfônico são respectivamente 2,0 , 3,0 e 5,0 g, apresentaram um baixíssimo percentual de metano, e aos trinta e cinco dias de operação dos reatores deixaram de produzir este gás, indicando que estas concentrações de ácido sulfônico são inibitórias ao tratamento anaeróbio, nestas condições de operação de reatores de batelada.

5.4.4 Inibição da Produção Percentual de Metano

Calculando-se a inibição da produção percentual de metano, causada pelo aumento da concentração do ácido sulfônico no tratamento T3, que foi para 1,0 g, em relação ao tratamento T2, cuja concentração de ácido sulfônico era de 0,5 g; utilizando-se os percentuais de metano dos tratamentos T2 e T3 e uma regra de três simples, foram calculados os percentuais da produção de metano do tratamento T3 em relação ao tratamento T2, e utilizando-se a Equação 17, obteve-se os resultados que são mostrados na tabela 27.

$$\%IPM = 100 - \%PM \qquad (17)$$

Onde:

IPM : Inibição da produção de metano

PM: Produção de metano

Tabela 27. Percentual de inibição da produção de metano do tratamento T3 em relação ao tratamento T2 da quarta fase.

DIAS	%PM	%IPM
1	90,9	9,1
6	35,2	64,7
12	81,5	18,5
18	6,72	93,5
25	39,2	60,8
35	12,3	87,6

Onde: PM = produção de metano, IPM = inibição da produção de metano

6. CONCLUSÕES

O número de lava-jatos na cidade de Campina Grande - PB vem aumentando nos últimos anos e a maioria funciona informalmente.

Dos donos de lava-jatos entrevistados, 40 % não sabem exatamente a quantidade de água empregada para lavar um veículo. No entanto, a maioria dos lava-jatos pesquisados utiliza água de poço, e, a estimativa da quantidade de água empregada na lavagem de um carro feita pelos proprietários de lava-jatos, que compram água de carro pipa, é em torno de 90 L.

Na maioria dos lava-jatos pesquisados, a quantidade de detergente gasta na lavagem de um carro fica na média de 150 mL.

Os lava-jatos da cidade de Campina Grande são potenciais fontes poluidoras, uma vez que a maioria deles não faz a separação do óleo nos seus efluentes. Estes são lançados diretamente na rede coletora de esgotos ou então, diretamente no solo.

Para os lava-jatos que possuem caixas de areia, o destino dado a areia contaminada é inadequado, uma vez que não existe tratamento específico para a mesma. Esta areia, contendo óleo e outros contaminantes recalcitrantes, é, geralmente, disposta em terrenos baldios.

Faltam aos proprietários de lava-jatos esclarecimentos sobre os riscos desta atividade para o meio ambiente e também para a saúde das pessoas que trabalham nestes estabelecimentos.

O tratamento biológico anaeróbio das águas residuárias de lava-jatos é aplicável, apesar do tempo relativamente longo para a degradação do substrato; que levou cerca de dezoito dias para promover uma remoção da DQO filtrada, que variou de 72 a 89%.

A presença de óleo em pequenas concentrações não inibiu o tratamento biológico, mas o tratamento deste mostrou-se complexo, devido a sua baixa densidade, insolubilidade na água e capacidade de agregar-se ao meio.

A produção de metano, nos dezoito dias iniciais da segunda fase da pesquisa, ocorreu principalmente devido à biodegradação de parte dos compostos do detergente.

Concentrações de ácido sulfônico, a partir de 1 g/L, inibiram as bactérias metanogênicas.

7. REFERÊNCIAS

ALEXANDER, M. **Biodegradation and Bioremediation**. 1. ed. San Diego: Academic Press, 1994, 302p.

ALMENDARIZ, F. J.; MERÁZ, M.; SOBERÓN, G.; MONOY, O. Degradation alkylbenzene sulphonate (LAS), in an acidogenic reactor bioaugmented with a pseudomonas aeruginosa (M113) strain. In: **VI oficina e seminário latino-americano de digestão anaeróbia**. Recife. Anais.v.1, p.278-284, 2000.

APHA. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 15 ed. Washington, D.C. Amercan Health Association, 1995, 1134 p.

AQUINO, S. F., CHERNICHARO, C. A. L**. Acúmulo de ácidos graxos voláteis (AGV) em reatores anaeróbios sob estresse:** causas e estratégias de controle. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.10, n.2, p.152-161, abr/jun 2005.

BARATHI, S, VASUDEVAN, N. Utilization of petroleum hydrocarbons by Pseudomonas fluorescens isolated from petroleum contaminated soil. **Environment International**, v.26, n.5, p. 413-416, May 2001.

BEDIENT P. B.; RIFAI, H. S.; NEWELL, C. J. **Ground water contamination**: transport and remediation. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994, 541p.

BITTON, G. **Wastewater microbiology**. 2nd ed, U.S.A., 1999, 578p.

BRANCO, S. N. **Hidrologia aplicada a engenharia sanitária**. 2. ed. São Paulo, CETESB, 1986. 620p.

BRITO, N. N.; ZAMORA, P. P. ; NETO, A. L. O. ; DE BATTISTI, A. ; PATERNIANI, J. E. S. ; PELEGRINI, R. T. **Biorremediação e controle ambiental**. IV Fórum de Estudos Contábeis. Disponível em: <http://www.ceset.unicamp.br/lte/Artigos/4fec02_2004.pdf>. Acesso em 10 ago 2005.

CADORE, H. Grandes respostas para pequenas empresas. **Revista Fae Business,** n. 8, p. 8-10, mai 2004.

CAMPOS, J. R. (Coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB, 1999. 435p

CARTAXO, E. F.; JANUZZI, G. M. **Análise técnica e econômica de um sistema de distribuição de energia elétrica híbrido solardiesel**: um estudo de caso. Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP.
Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/vilacps2-AM.pdf>. Acesso em 8 fev 2006.

CETESB. **Aspectos toxilógicos do óleo**. Disponível em: <A:\aspectos toxilógicos do óleo.htm>. Acesso em 14 mai 2005.

COPPLA, M. Grandes respostas para pequenas empresas. **Revista Fae Business,** n. 8, p. 8-10, mai 2004

CUNHA, C. P.; LOBATO, N.; DIAS, S. **Problemática dos tensoativos na indústria de produção de detergentes em Portugal**. Disponível em:
<http://meteo.ist.utl.pt/~jjdd/LEAMB/TFCsite/1999-2000/CCunha_NLobato%20Artigo.PDF>. Acesso em 30 set 2005.

DETEN. Ficha de informação de segurança de produtos químicos. Disponível em: <http://www.deten.com.br/images/pdf/seguranca_las.pdf>. Acesso em:15 jun 2005

DUARTE, I.C.S.; AGUILA, N.K.S.D. ; VARESCE, M.B.A. Tratamento de linear alquilbenzeno sulfonato em reator anaeróbio horizontal de leito fixo. In: **Seminário de projeto temático**. São Carlos. Anais. p.30-39, 2005.

FOLHA DO PARANÁ. Vazamento de nafta põe em risco a segurança do porto. Curitiba, 19 de outubro de 2001.

FORESTI, E; FLORÊNCIO, L.; VAN HAANDEL, A.; ZAIAT, M.; CAVALCANTI, P. F. F. Fundamentos do tratamento anaeróbio. In: CAMPOS, J. R. (coord.) **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB, 1999, 435p.

GOLDANI, E. Sabões e detergentes. **Periódico Tchê Química**, Porto Alegre, v.1, n.2, agos de 2004.

GUSMÃO. V. R. **Caracterização microbiológica de cultura desnitrificante de reator anaeróbio horizontal de leito fixo utilizado na remoção de BTEX**. Tese (doutorado). EESC. São Carlos-SP, 2005.

JORNAL DO COMMERCIO. Poluição ameaça aqüífero de Beberibe. Recife, 04 de abril de 2000.

JORNAL DO COMMERCIO. Metais são detectados só na cabeça de peixes. Recife, 16 de setembro de 2001.

KAIPPER, B. I. A. **Influência do etanol na solubilidade de hidrocarbonetos aromáticos em aqüíferos contaminados por óleo diesel**. Tese de doutorado. UFSC. Florianópolis, SC, 2003.

KANALY, R.A.; HARAYAMA S. Minireview: biodegradation of high-molecular-weight polycyclic bacteria. **J Bacteriol**, v.182, p.2059–2067, 2000.

LAWS, EDWARD A. **Aquatic Pollution** – an introductoy text. 2nd ed. – Library of Congress Cataloging in Publication Data, U.S.A., 1993, 611p.

LIEBEG, E. W.; CUTRIGHT, T. J. The investigation of enhanced bioremediation through the addition of macro and micro nutrients in a PAH contaminated soil. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v.44, p.55-64, 1999.

MACNAUGTON, S.J., STEPHEN, J.R., VENOSA, A.D., DAVIS, G.A., CHANG, Y.-J., WHITE, D.C. Microbial population changes during bioremediation of an experimental oil spill. **Appl. Environ. Microbiol**. 65, p 3566–3574, 1999.

MESQUITA, A. C. **Uso das técnicas de oxidação química e biodegradação na remoção de alguns compostos orgânicos recalcitrantes**. Tese de doutorado. COOPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2004.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering**: treatment, disposal and reuse. 3. Ed. NewYork, McGraw - Hill Book, 1991, 1334p.

_____. **Wastewater engineering**: treatment and reuse. 4. Ed. NewYork, McGraw - Hill Book, 2003, 1815p.

O ESTADO DO PARANÁ. Chuva atrapalha a retirada do óleo. Curitiba, 21 de fevereiro de 2001.

PATERSON, J. H. **Terra, trabalho e recursos –** uma introdução à geografia econômica. Rio de Janeiro: Zahar, 1975, 324p.

PONTING, C. **Uma história verde do mundo**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1995, 648p.

REVISTA SANEAMENTO AMBIENTAL, v.94, p.32-36, mar./abr.2003.

RIZO, A.A.A; ENRÍQUEZ, E. A. S. **Diagnóstico microbiológico en las unidades dentales de la clínica odontológica de la Universidad Americana (UAM)**. Monografia (cirurgião dentista) – Manágua, Nicarágua, 2002.

SAM-SOON, P. ; LOEWENTHAL, R. ; WENTZEL, M. C. ; MARAIS, G. R. Effect of sulphate on pellitisation in the UASB system with glucose as substrate. **Water S.A.,** v.17, n.1, p.47-56, 1991.

SCHMIDT, C. A. B. **Aplicação da técnica eletrocinética em laboratório a dois tipos de solos argilosos**. Tese de doutorado. COOPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ , 2004.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio as Micros e Pequenas Empresas, INSTITUTO ETHOS DE EMPRESAS E RESPOSABILIDADE SOCIAL. **Responsabilidade social empresarial para micro e pequenas empresas**. São Paulo, 2003.

_____. **Boletim estatístico de micro e pequenas empresas**. Observatório Sebrae 1º Semestre de 2005.

SILVA, E. P.; CAMARGO, J. C.; SANTOS, A. M. R. Recursos energéticos, meio ambiente e desenvolvimento. **O Futuro dos Recursos**, novembro de 2003 Multiciência, 2003. Disponível em: <http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_01/A4_SilvaCamargoport.PDF>. Acesso em 05 jan 2006.

SPEECE, R. E. Anaerobic biotechnology for industrial wastewater treatment. **Environmental Science Technology**, v. 17, p. 416A – 427A, 1983.

SUTHERSAN, S. S. **Remediation engineering**: Design concepts. CRC Press, Inc., 1997.

TIBONI, F., TÖWS, F. S., VIANTE, F., BAIJ, K., IWAKURA, M. **As grandes descobertas da Química**. Disponível em: <http://www.adorofisica.com.br/trabalhos/alkimia/quim3/trab1.htm>. Acesso em 20 jul 2005

VAN DER MEER, J.R.; LEVEAU, J.H. & WERLEN, C. Genetic adaptations of microorganisms to environmental pollutants. **EAWAG News** (Swiss Federal Institute Science and Technology), 35E: 8-15, 1994.

VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA G. **Tratamento anaeróbio de esgotos** – um manual para regiões de clima quente. 1994.

VAN STEMPVOORT, D.R., ARMSTRONG, J., MAYER, B. Bacterial sulfate reduction in biodegradation of hydrocarbons in low-temperature, high-sulfate groundwater, western Canada. In: Proceedings of the 2002 Petroleum Hydrocarbons Conference and Organic Chemicals in Ground Water: Prevention, Detection, and Remediation. **19th Annual Conference and Exposition (NGWA/API),** Atlanta, Georgia, p. 244 – 259, 2003

VAZOLLER, R. F. Biodiversidade: Perspectivas e oportunidades tecnológicas. **Microbiologia e Saneamento Ambiental**. Disponível em: http://www.ddt.fat..gov.br/publicscoes/padct/bio/cap9/3. Acesso em 3 dez 2004.

ZANCAN, G. A microbiologia na era da genômica: o avanço de ciências como a física e a computação criou instrumentos poderosos de análise.**Ciência e Cultura**, v.54, n.1, p.4-5, jun./set. 2002.

8. ANEXOS

8.1. QUESTIONÁRIO

1) Quantos veículos em média são lavados por semana?

2) Quantos litros de água são empregados na lavagem de um carro?

3) Utiliza água de poço?

4) Quantos litros de detergente (shampoo) são gastos por semana?

5) Atua nesta atividade há quanto tempo?

6) É formal?

7) (Se não) Quais as dificuldades encontradas para formalizar-se?

8) Quais as dificuldades encontradas para atuar nesta área?

9) Quantas pessoas trabalham aqui?

10) Já tomou conhecimento das questões de poluição ambiental?

11) Faz algum tipo de tratamento no efluente do lava-jato? Qual?

12) Acha que as atividades dos lava-jatos poluem o meio ambiente? Por quê?

8.2. Quadro demonstrativo dos lava-jatos pesquisados

Bairro de Localização	Lava-jato	Quantidade de carros lavados por semana	Quantidade de água gasta na lavagem de um carro (L)	Quantidade de detergente gasta por semana (L)	Procedência da água utilizada no lava-jato
Catolé	Nº 01	80	500	40	P
	Nº 02	40	200	1,5	P
	Nº 03	40	50	10	P
	Nº 35	40	10	8	P
	Nº 40	30	-	6	P
Tambor	Nº 04	30	-	10	P
	Nº 38	10*	-	30	P
Liberdade	Nº 08	100	100	10	P
Quarenta	Nº 09	120	500	4	P
Cruzeiro	Nº 05	40	-	2	P
	Nº 07	50	-	5	CCP
Jardim Paulistano	Nº 13	40	-	4	P
Santa Rosa	Nº 06	90	200	4	P
	Nº 12	50	160	10	P
	Nº 20	60	30	10	P
Centenário	Nº 10	40	-	5	P
	Nº 18	100	50	6	P
	Nº 19	40**	-	2	P
Prata	Nº 11	50	145	6	PCP
	Nº 22	70	30	12	P
Monte Santo	Nº 30	40	500	10	P
Conceição	Nº 23	40	-	10	P
Alto Branco	Nº 17	120	10	50	PC
	Nº 26	70	10	20	CP
Bairro das Nações	Nº 27	30	-	10	PCP
	Nº 29	40	75	7	P
José Pinheiro	Nº 28	15	-	7	P
Centro	Nº 14	50	10	14	P
	Nº 15	40	85	5	S
	Nº 16	50	60	6	CP
	Nº 21	180	-	16	P
	Nº 24	80	-	28	P
	Nº 25	80	125	10	CP
	Nº 31	80	20	20	P
Bodocongó	Nº 32	10	-	1	S
	Nº 33	10	20	1	C
	Nº 34	10	20	2	S
Distrito dos Mecânicos	Nº 36	40	-	12	P
	Nº 37	7 *	-	8	P
	Nº 39	15*	1000	15	P

* caminhão ** moto

Onde:

Nº: Identificação do lava-jato

- : Não sabem

P: Utiliza água de poço

CCP: Utiliza água de chuva e de carro pipa

S: Utiliza água de saneamento

CP: Utiliza água de carro pipa

PC: Utiliza água de poço e chuva

PCP: Utiliza água de poço e de carro pipa

C: Utiliza água de chuva

8.3. Quadro demonstrativo dos lava-jatos pesquisados

Bairro de Localização	Lava-jato	Tempo em que atua na atividade de lava-jatos	É formal?	Número de pessoas que trabalham no lava-jato	Faz algum tipo de tratamento no efluente?
Catolé	Nº 01	6 anos	Sim	4	Não
	Nº 02	5 anos	Sim	2	Não
	Nº 03	7 anos	Não	3	Não
	Nº 35	3 anos	Sim	2	Sim
	Nº 40	1 ano	Não	3	Não
Tambor	Nº 04	3 meses	Sim	2	Sim
	Nº 38	1 ano	Não	3	Não
Liberdade	Nº 08	2 anos	Sim	3	Sim
Quarenta	Nº 09	7 meses	Sim	5	Sim
Cruzeiro	Nº 05	1 ano	Não	3	Não
	Nº 07	6 anos	Não	2	Não
Jardim Paulistano	Nº 13	2 anos	Não	2	Sim
Santa Rosa	Nº 06	6 anos	Não	3	Sim
	Nº 12	3 meses	Não	2	Não
	Nº 20	4 anos	Não	2	Não
Centenário	Nº 10	1 ano	Sim	5	Sim
	Nº 18	1 ano	Não	5	Não
	Nº 19	6 anos	Não	3	Não
Prata	Nº 11	1 ano	Sim	1	Sim
	Nº 22	3 anos	Sim	4	Não
Monte Santo	Nº 30	12 anos	Sim	2	Não
Conceição	Nº 23	2 anos	Não	4	Sim
Alto Branco	Nº 17	2 anos	Sim	5	Sim
	Nº 26	1 ano	Não	4	Sim
Bairro das Nações	Nº 27	2 meses	Não	4	Sim
	Nº 29	6 anos	Não	4	Sim
José Pinheiro	Nº 28	2 anos	Sim	1	Não
Centro	Nº 14	10 anos	Não	4	Não
	Nº 15	3 anos	Não	2	Não
	Nº 16	2 meses	Sim	4	Sim
	Nº 21	2 meses	Sim	5	Sim
	Nº 24	3 meses	Sim	5	Sim
	Nº 25	3 anos	Não	4	Não
	Nº 31	5 anos	Não	3	Sim
Bodocongó	Nº 32	1 ano	Não	2	Não
	Nº 33	2 meses	Não	1	Não
	Nº 34	4 meses	Não	1	Não
Distrito dos Mecânicos	Nº 36	4 anos	Não	3	Não
	Nº 37	8 meses	Sim	4	Sim
	Nº 39	1 ano	Sim	3	Sim