



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento
MESTRADO



**A INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA-ENERGÉTICA E OS RECURSOS HÍDRICOS:
RIO SANTO ANTÔNIO GRANDE, ALAGOAS.**

MACEIÓ
2009

JOCELINE COSTA DE ALMEIDA

**A Indústria Sucroalcooleira-energética e os Recursos Hídricos:
Rio Santo Antônio Grande, Alagoas.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial e final para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento, sob orientação do Professor Valmir de Albuquerque Pedrosa.

MACEIÓ
Outubro/2009

Catlogação na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

A447i Almeida, Joceline Costa de.
A industria sucroalcooleira-energética e os recursos hídricos : rio Santo Antônio Grande, Alagoas / Joceline Costa de Almeida. – Maceió, 2009.
90 f. : il.

Orientador: Valmir de Albuquerque Pedrosa.
Dissertação (mestrado em Engenharia : Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2009.

Bibliografia: f. 88-90.

1. Cana-de-açúcar. 2. Água de Lavagem. 3. Tratamento de efluentes. 4. Bacias hidrográficas – Alagoas. 5. Desenvolvimento sustentável. I. Título.

CDU: 628.16



Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Centro de Tecnologia – CTEC
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamentos – PPGRHS
Campus A. C. Simões, Av. Lourival de Melo Mota, S/N
Tabuleiro do Martins – CEP 57072-970 – Maceió – Alagoas
Tel/Fax: (82) 3214-1279
E-mail: ppgrhs@yahoo.com
Homepage://www.ctec.ufal.br/posgraduacao/ppgrhs



O SETOR SUCRO-ALCOOLEIRO-ENERGÉTICO E OS RECURSOS HÍDRICOS:
RIO SANTO ANTÔNIO /ALAGOAS

JOCELINE COSTA DE ALMEIDA

Dissertação submetida à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas e aprovada no dia 15 de maio do ano de 2009.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Valmir de Albuquerque Pedrosa
Orientador - CTEC/UFAL

Prof.ª Dr.ª Nélia Henriques Callado
CTEC/UFAL

Prof.ª Dr.ª Suzana Maria Gico Lima Montenegro
(UFPE)

*Dedico a Deus, o grande arquiteto do mundo
e à minha Mãe(INHA), tutora do meu ser e
incentivadora do meu saber. E a todos aqueles
que adjudicam que a ousadia e o erro são
caminhos para as grandes realizações.*

AGRADECIMENTOS

A DEUS, NOSSO MAIOR ARQUITETO

Eles ergueram a Torre de Babel para escalar o Céu, mas Deus não estava lá! Estava ali mesmo, entre eles ajudando a construir a Torre. Ele é o Caminho, a Verdade, a Vida. Minha eterna gratidão pelo privilégio de seguir essa grande trilha rica de alegrias e aprendizados, pela presença constante e inexplicável, apoio nos momentos de fraqueza e amor sem limites. Sem sua presença meu anseio não seria alcançado. E, sobretudo me permitiu entender que ser arquiteta e urbanista é transcender para alcançar a qualidade urbana e ambiental, enfim, cuidar da história do nosso povo.

À MINHA FAMÍLIA (Mãe e Irmã)

Em todos os momentos vocês estavam sempre do meu lado, enfrentamos um mundo que diariamente nos coloca obstáculos, e cujas decisões são cada vez mais difíceis e sérias, vencemos mais uma vez. Agradeço a vocês pelos esforços, incentivos e amor.

AOS MEUS ORIENTADORES

Professor Valmir Pedrosa, pela paciência, disposição, confiança e disponibilidade irrestritas ao me orientar. Professora Rosângela Reis, minha gratidão pelas instruções no estágio de docência. E pela pessoa agradável que vocês fazem questão de ser e que, como poucos profissionais, sabem realmente honrar o título de professor e de orientador. Obrigada!

À USINA SANTO ANTÔNIO

Meu especial agradecimento à Central Açucareira Santo Antônio, que financiou toda a produção de dados para a dissertação. Ao Superintendente Dr. Meroveu Costa Júnior e ao Diretor Dr. Luís Ernesto Maranhão pelo apoio, acesso aos dados e a unidade industrial, de processamento de cana-de-açúcar, com sua estação de tratamento de efluentes.

AOS AMIGOS E COLEGAS

Há uns que falam e não os ouvimos, há outros que nos tocam e não os sentimos, há alguns que nos ferem e nem cicatrizes nos deixam, mas há aqueles que simplesmente vivem e nos marcam por toda a vida. Aos que me apoiaram no caminho do alcance, por me distraírem nos momentos de cansaço mental e emocional; aos demais que me fortaleceram pelo apoio contínuo.

AO PPGRHS

Vocês que me despertaram para um mundo que antes me parecia obscuro. Acalentaram minha sede de saber, mostrando-me os caminhos de uma longa jornada até o primeiro porto. Além de companheiros, vocês foram antes de tudo mestres, instrutores e amigos, ensinando-me o mais importante: a arte de ser humano. Dedico meu carinho e minha gratidão a todos vocês, especialmente ao prof^o. Roberaldo Souza e a prof^a. Cleuda Freire.

À CAPES

Pela concessão da bolsa de auxílio, que amparou a minha dedicação para aprimorar o conhecimento, ao desenvolvimento da minha dissertação, através do conhecimento adquirido ao longo desses 24 meses, para obtenção do título de Mestre.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	07
Lista de Tabelas	08
Resumo	09
Abstract	10
1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos	14
1.2 Relevância temática	14
2. AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA	17
2.1 Processos produtivos relevantes: Açúcar e Álcool	19
2.1.1 Corte, transporte e recepção da Cana	20
2.1.2 Processo industrial pré-produtivo	21
2.1.3 Processo industrial produtivo	22
2.1.3.1 Geração de Energia elétrica	22
2.1.3.3 Fabricação de Açúcar	22
2.1.3.3 Fabricação de Álcool	24
2.2 Aspectos, Impactos e Riscos	26
3. RECURSOS HÍDRICOS	31
3.1 O uso da água no mundo	31
3.2 Gestão de Recursos Hídricos	36
3.2.1 Política Nacional dos Recursos Hídricos	38
3.2.2 Instrumentos: Enquadramento e Outorga	39
3.2.2.1 Enquadramento dos corpos d'água	39
3.2.2.2 Outorga: Captação e Lançamento	40
3.3 A Água na fabricação do açúcar, álcool e bioeletricidade	41
3.4 Águas de lavagem de cana	43
4. A AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA E OS RECURSOS HÍDRICOS	47
4.1 Caracterização da água de lavagem da cana-de-açúcar	47
4.1.1 Relação DBO:N:P nas águas de lavagem de cana-de-açúcar	48
4.2 Tratamento de efluentes de lavagem de cana	49
4.2.1 Decantação	51
4.2.2 Lagoas de estabilização	52
4.3 Legislação	53
4.4 Termo de ajuste de conduta	54
5. A USINA SANTO ANTÔNIO E O RIO SANTO ANTÔNIO GRANDE	57
5.1 Central Açucareira Santo Antônio	58
5.2 Rio Santo Antonio Grande	60
5.2.1 Pontos de controle	61
5.2.2 Vazões	62
5.2.3 Oxigênio Dissolvido	63
5.3 Sistema de tratamento de efluentes da Usina Santo Antônio	64
5.4 Caracterização espaço-temporal do sistema de tratamento da Usina	66
5.4.1 Temperatura	66
5.4.2 Oxigênio dissolvido	69
5.4.3 Potencial Hidrogeniônico - pH	72
5.5 Efeito da diluição do rio Jitituba sobre o rio Santo Antônio	74
5.6 Melhorias no tratamento implementadas na Safra 2008/2009	77
5.7 Relação entre DBO e DQO para águas de lavagem de cana	82
6. CONCLUSÃO	86
7. REFERÊNCIAS	88

LISTA DE FIGURAS

	16
Figura 2.1: Sistema Agroindustrial	18
Figura 2.2: Brasil - Produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol (e = estimativa)	19
Figura 2.3: Consumo anual de combustíveis automotivos	19
Figura 3.1: Distribuição de água no Mundo	32
Figura 3.2: Evolução das áreas irrigadas (106 ha), no Brasil (1992-2002)	33
Figura 3.3: Volumes de água para atender demandas de uso no mundo de 1900 a 2000.	34
Figura 3.4: Uso da água por setores de atividade, Brasil 1993-1997 e 1998-2002.	34
Figura 3.5: Destinação da água durante o processo industrial na usina de cana-de-açúcar.	42
Figura 4.1: Esquema de degradabilidade da matéria orgânica	50
Figura 4.2: Manutenção em Piscinas de decantação	52
Figura 5.1: Localização da Área de estudo	57
Figura 5.2: Precipitação Média (1973-2007)	58
Figura 5.3: Precipitação Mensal (2007-2008)	58
Figura 5.4: Usina Santo Antônio - Matriz de Camaragibe	59
Figura 5.5: Localização dos pontos de controle	61
Figura 5.6: Vazão do rio Santo Antônio, na Fazenda Sacramento.	62
Figura 5.7: Vazão do rio Jitituba, na Lagoa Vermelha.	62
Figura 4.8: Verificação de OD, em 22 de dezembro de 2007.	63
Figura 5.9: Perfil de OD no Rio Santo Antônio em 22.12.2007.	64
Figura 5.10: Esteira de Lavagem da cana-de-açúcar	64
Figura 5.11: Lavagem com água recirculada	64
Figura 5.12: Desenho esquemático do tratamento de efluentes da Usina Santo Antônio	65
Figura 5.13: Lagoa 1 - Anaeróbia	65
Figura 5.14: Lagoa 2 - 4 aeradores de superfície	65
Figura 5.15: Lagoa 3 - 3 aeradores de superfície	65
Figura 5.16: Sistema de Resfriamento	65
Figura 4.17: Variação mensal da temperatura na entrada do sistema	66
Figura 5.18: Variação mensal da Temperatura na saída das piscinas de decantação	67
Figura 5.19: Variação mensal da Temperatura na 1ª Lagoa	67
Figura 5.20: Variação mensal da Temperatura na 2ª Lagoa	68
Figura 5.21: Variação mensal da temperatura a jusante do sistema	68
Figura 5.22: Variação na safra 2008/2008 da Temperatura	69
Figura 5.23: Variação na safra 2008/2009 do OD no sistema de tratamento completo	70
Figura 5.24: Variação mensal de OD na entrada do sistema	70
Figura 5.25: Variação mensal de OD nas piscinas de decantação	71
Figura 5.26: Variação mensal de OD a jusante do sistema	71
Figura 5.27: Variação na Safra 2008/2009 de OD no sistema de tratamento completo	72
Figura 5.28: OD nos pontos a Montante e a Jusante na safra 2007/2008	72
Figura 5.29: Variação na safra 2008/2009 de pH no sistema de tratamento completo	73
Figura 5.30: Variação mensal de pH na entrada do sistema	73
Figura 5.31: Variação mensal de pH nas piscinas de decantação	74
Figura 5.32: Variação mensal de pH a jusante do sistema	74
Figura 5.33: Variação do nível da água em quatro seções do rio Santo Antônio	76

Figura 5.34: Localização dos pontos onde foram medidas as variáveis de nível	76
Figura 5.35: Variação da DBO e DQO no sistema de tratamento de efluente em 09/2008	77
Figura 5.36: Variação da DBO e DQO no sistema de tratamento de efluente em 10/2008	78
Figura 5.37: Construção de lagoas - Dezembro/2008	78
Figura 5.38: Novo sistema de tratamento de efluentes da usina Santo Antônio	79
Figura 5.39: Variação da DBO e DQO no sistema de tratamento de efluente em 10/2008	79
Figura 5.40: Variação da DBO e DQO no sistema de tratamento de efluente em 11/2008	80
Figura 5.41: Variação da DBO e DQO no sistema de tratamento de efluente em 12/2008	80
Figura 5.42: Variação da DBO na Safra 2008/2009 na saída da Lagoa 3	81
Figura 5.43: Curva de permanência de oxigênio a jusante da usina Santo Antônio	82
Figura 5.44: Gráfico de coeficiente angular da Relação DBO/DQO	82
Figura 5.45: Gráfico da Relação DBO/DQO.	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Composição média da cana de açúcar em porcentagem.	20
Tabela 2.2: Possíveis Impactos Ambientais - Cana de açúcar.	27
Tabela 2.3: Síntese de monitoramento no Rio Ipojuca (Usina de Açúcar).	27
Tabela 2.4: Principais resíduos da produção de açúcar e álcool.	32
Tabela 2.5: Exigências do Banco Mundial para efluentes líquidos de Usinas açucareiras	33
Tabela 3.1 Água renovável e Uso setorial consuntivo de água: América do Sul	35
Tabela 3.2: Estados brasileiros em situação de alerta de “escassez hídrica”	35
Tabela 3.3: Usos médios de água: Tipologia do Processo Industrial sucro-alcooleiro	42
Tabela 3.4: Metas para Gerenciamento de águas para o setor sucroalcooleiro.	42
Tabela 3.5: Necessidade hídrica para o processo industrial	43
Tabela 3.6: Medidas para minimizar o desperdício de água, na etapa de Lavagem.	44
Tabela 3.7: Usos médios de água na Indústria Sucroalcooleira: setorial	45
Tabela 4.1: Efluentes líquidos da agroindústria canavieira	51
Tabela 4.2: Relação de legislações e seus padrões de lançamento de efluentes	54
Tabela 5.1: Pontos de Controle no Rio Santo Antônio	61
Tabela 5.2: Medições de vazões realizadas no rio Santo Antônio e no rio Jitituba	75
Tabela 5.3: Estimativa da DBO - Entrada da ETE	84
Tabela 5.4: Estimativa da DBO - Saída da ETE	84

RESUMO

A Central Açucareira Santo Antônio - Usina Santo Antônio - situa-se em São Luís do Quitunde, município alagoano, produziu na safra 2008/2009, três milhões de sacos de açúcar, 61 milhões de litros de álcool e 71.000MWh de bioeletricidade. Como toda unidade industrial, a agroindústria usa água em seu processo produtivo. Atualmente, a usina capta 2.500m³/h do rio Santo Antônio para a lavagem da cana de açúcar, dos quais 1200m³/h da água residuária retornam à primeira etapa do processo industrial e 1300m³/h restantes seguem para o sistema de tratamento. O efluente líquido gerado na lavagem de cana é tratado por meio de 4 células de decantação e 7 lagoas de estabilização. Buscou-se avaliar as modificações no sistema de tratamento de efluentes de águas de lavagem, visando a redução da carga de matéria orgânica, assim como verificar influência da maré na qualidade do corpo hídrico. Os efluentes da lavagem da cana possuem elevado teor de carboidratos, na forma de açúcares. Entretanto, diferentemente das águas domiciliares servidas, tem pequena quantidade de fósforo e nitrogênio, necessários para o tratamento biológico em lagoas de estabilização. O efluente recebeu fonte externa de fósforo e um composto para elevar a presença de microorganismos no sistema de tratamento. Antes do ajuste, a DBO pós-tratamento era 800mg/L, posteriormente reduziu-se para 110mg/L. A redução de 7 vezes na carga de DBO foi conseguida com pequenos investimentos e rotina de operação simples, o que amplia o sucesso da modificação realizada. E a partir daí apontou-se a viabilidade de utilizar a DQO para estimar a DBO, minimizando o tempo para tomada de decisões.

Palavras-chaves:

Cana de açúcar - água de lavagem - tratamento de efluente – desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

The Central Açucareira Santo Antonio - Santo Antonio Factory - is situated in São Luís do Quitunde, Alagoas, and produced in the harvest 2008/2009, three millions sugar bags, 61 millions alcohol liters and 71.000MWh of bioelectricity. As all industrial unit, the agro-industry uses water in it's production process. At present, the Factory captures 2.500m³/h from the Santo Antonio river, whit 1200m³/h wastewater return to the first phase of the industrial process and 1300m³/h following to the treatment plant. The effluent liquid generated in the washing of sugar cane is tried by means of 4 sedimentation cells and 7 stabilization ponds. It objective the of this study was to evaluate modifications in the treatment of the system effluents wash waters, aiming at the reduction of shipment organic matter. The effluents from sugar cane washing process possess elevated carbohydrates contents, in the form of sugars. However, unlike the home domestics effluents this has small quantity of phophorus and nitrogen, necessary for the biological tratament in stabilization ponds. The efluente received external phosphor source and a compost to increase the presence of microorganisms in the treatment system. Before of the addiction of the constituents, to BOD was 800mg/L, and it was subsequently reduced for 110mg/L. The reduction of 7 times in the BOD was obtained with small investments and simple routine operation, which enhances the success of the modification carried out.

Keywords:

Sugar cane industry - washing water - effluents treatment - develeppment sustentable.

1. INTRODUÇÃO

*“Quem sabe se não teremos de ultrapassar muito a natureza
para perceber o que ela nos quer dizer?”*

Marquês de Sade

As águas representam a manutenção da vida, visto que influenciam os processos que ocorrem na superfície da Terra. Sua ampla distribuição e propriedades anômalas propiciam os fenômenos que mediam os ciclos biogeoquímicos nos ecossistemas, de modo a garantir a sobrevivência da biosfera como um todo. [ESTEVES, 1998; TUNDISI 2005; REBOUÇAS, 2002; *apud* SOUZA; NUNES, 2008].

A retirada da cobertura vegetal ciliar dos rios, a intensa implementação da agricultura e pecuária e o lançamento de efluentes, domésticos e industriais, são as principais interferências negativas sobre os ecossistemas aquáticos, acarretando processos de contaminação, eutrofização e interferência nos padrões de qualidade dos corpos d'água. [FARIA; CAVINATTO, 2000].

Vivenciando tempos críticos, com mudanças de variáveis no meio ambiente, a espécie humana deve utilizar o mais eficientemente possível o conhecimento científico adquirido para tentar, senão reverter, pelo menos conviver da forma mais sustentável possível com as novas condições ambientais que se delineiam. A quantidade *per capita* e a qualidade da água para uso humano e animal têm decaído inexoravelmente no último século e tornou-se explícito os conflitos por água, não só no nível local e regional, mas até no nível internacional.

Na agricultura, o trabalho do homem regula as condições ambientais para produção. O desafio é conseguir alimentar a crescente população mundial, multiplicada por três ao longo do século XX. Projeções pessimistas dos anos 50 alertavam para o risco da falta de alimentos. Mas a Revolução Verde, a associação de químicas -pesticidas e fertilizantes – com a irrigação, provocou um salto de quantidade e qualidade na agricultura.

A agricultura é a atividade humana que mais consome água no mundo. É quase um consenso que a agricultura irrigada nos países em desenvolvimento consome algo próximo de 85% de toda a água consumida pelos seres humanos. Apesar de ocupar apenas 18% de toda a área sob agricultura, os cultivos irrigados respondem por cerca de 40% da produção agrícola mundial. Com o crescimento dos centros urbanos e à medida que a população mundial cresce, é simples antecipar que diferentes atividades humanas passam e passarão a competir pelo mesmo suprimento de água e de maneira paulatina o verbo “competir” deixa de ser usado no sentido figurado.

Nos países em desenvolvimento, as terras agrícolas podem registrar um aumento líquido de 23 milhões de hectares, ou seja, 19%; admitindo-se o acréscimo de áreas em que as perdas de terras atuais de irrigação, devido, por exemplo, à escassez de água ou aos efeitos da salinização, serão compensadas mediante sua reabilitação ou substituição por novas zonas de irrigação. Caso a cada ano se consiga recuperar ou substituir 2,5% das zonas

de irrigação existentes na atualidade (supondo-se que a duração média dos planos de irrigação seja de 40 anos), a inversão nas atividades de irrigação nos países em desenvolvimento (excluída a China), durante o período 1990-2010, deverá afetar cerca de 85 milhões de hectares. Mais de 70% dessa inversão se destinaria à recuperação ou substituição das terras e o restante (30%) à expansão líquida [ONU, 1995].

Por exemplo, o Egito importa mais da metade de seus alimentos, pois não tem a água necessária para sua produção local. E o Mar de Aral, entre o Uzbequistão e o Cazaquistão, continua sendo um dos exemplos mais visíveis em que desvios enormes de água para a agricultura causaram escassez, segundo o relatório, além de uma catástrofe ambiental.

A inter-relação das atividades agrícolas e industriais, produzida pela dependência dos produtos agrícolas como matérias-primas, incorporou a lógica industrial no meio rural, obrigando o produtor a seguir padrões industriais pré-estabelecidos, tais como garantir a produção em épocas determinadas, padronizar o aspecto externo dos produtos, uniformidade de tamanho, forma e época de maturação [PASCHOAL, 1983; CHESNAIS, 2000; *apud* EMBRAPA Algodão Documento 135, 2005].

Todavia, na agricultura industrial, os produtos agrícolas devem ser determinados por tecnologias de complexidade crescente e incorporação dos resultados de importantes esforços de investigação e desenvolvimento, e responder em medida crescente a refinadas preferências industriais e coletivas com respeito à nutrição, à saúde e ao meio ambiente. O objetivo principal da agricultura é satisfazer as necessidades de alimentos e fibras pelos seres humanos. Essas necessidades aumentam à medida que a população cresce. O aumento populacional previsto para as próximas décadas requererá um incremento da produção agrícola da ordem de 40 a 50% no decorrer dos próximos anos, para manter o nível atual de disponibilidade de alimentos. Este incremento corresponde a 20% e 60%, respectivamente, para os países desenvolvidos e em desenvolvimento [FAO, 1993].

Em relação à demanda industrial, estima-se que o setor sucroalcooleiro seja responsável por cerca de 23% da demanda da água captada. A cana-de-açúcar tem especial significado econômico para o Brasil, que lidera a lista dos 80 países produtores de açúcar e álcool, garantindo 25% da produção mundial.

Ao longo do século XX, a atividade sucroalcooleira alagoana obteve crescimento substancial em quase todos os níveis, seja na produção de açúcar e álcool, na conquista de mercados, principalmente o externo, na adoção de novas tecnologias, inclusive estimulando o surgimento de novas oportunidades de negócios. Para o setor sucroalcooleiro com significativa dependência dos recursos naturais, necessita-se conscientizar da dimensão dos

problemas relacionados ao uso ineficiente desses recursos e da necessidade de proteção e conservação do meio ambiente, diante da falta de planejamento no uso dos recursos naturais poderá acarretar danosas conseqüências ambientais, sociais e econômicas. São vários os processos originários da atividade sucroalcooleira que poderão comprometer o meio ambiente.

A exposição de Ferraz, citado por GLASS (2007), é que os gastos de água são embutidos tanto na produção de cana quanto na do próprio etanol - na produção de um litro de álcool gasta-se 13 litros de água, e ainda sobram 12 litros de vinhoto, subproduto extremamente poluente normalmente utilizado na adubação dos canaviais. Estas despesas não são consideradas no preço de venda, o que, do ponto de vista econômico, é uma grande desvantagem para o produtor, uma vez que a água está se tornando um bem altamente valorizado.

1.1 Objetivos

Diante da necessidade de estudos sobre a qualidade dos corpos hídricos, o presente trabalho teve por objetivo geral buscar alternativas para minimizar os impactos ocasionados pela indústria sucroalcooleira-energética sobre o rio Santo Antônio, a fim de verificar a interferência do descarte dos resíduos líquidos na qualidade da água do rio.

Objetivou-se apresentar informações sobre a avaliação a evolução das condições quali-quantitativa a montante e a jusante da Unidade Industrial Santo Antônio de Açúcar, Álcool e Bioenergia, situada no município de São Luiz do Quitunde em Alagoas; como também do sistema de tratamento de efluentes das águas de lavagem de cana de açúcar, locado na unidade industrial. Tendo como objetivos específicos, avaliar a eficiência de remoção de DBO do sistema de tratamento da usina, anterior e posteriormente as modificações realizadas no mesmo; como também, avaliar a relação DBO/DQO da água de lavagem da cana de açúcar e dos efluentes da ETE; e apontar a o efeito da diluição do rio pelo efeito da maré.

1.2 Relevância temática

Sendo uma das mais antigas culturas da humanidade, a cana-de-açúcar está presente na economia brasileira desde o começo da colonização do Brasil. Atualmente, passados praticamente cinco séculos, pode-se constatar sua relevância para o crescimento econômico brasileiro, de onde se aproveita absolutamente tudo.

A cana de açúcar, de origem totalmente renovável, gera divisas para o país através da produção do açúcar, do álcool anidro (aditivo para a gasolina) e do álcool hidratado. Além disso, a cana apresenta-se como uma fonte alternativa de energia, por possibilitar a geração de energia elétrica através da queima do bagaço.

A conservação ambiental está se tornando uma condição básica para as empresas, no cenário de economia globalizada, além dessa exigência ser cada vez mais solicitada para empresas que atuam no comércio internacional. Uma vez que dentre as grandes preocupações, encontra-se a manutenção dos ecossistemas e a recuperação do meio ambiente, além da conservação dos recursos naturais, razões porque administradores de empresas buscam soluções para passivos ambientais.

A opção por estudar a relação do segmento sucroalcooleiro, o meio ambiente e o entorno da atividade, prende-se ao fato desse segmento deter características de potencial poluidor. Verificou-se a necessidade de aprimoramento do sistema de tratamento ou disposição adequada para seus efluentes líquidos proveniente da água de lavagem da cana de açúcar. Mediante ações de caráter preventivo e corretivo, objetivando atender expectativas do mercado, do meio ambiente e da sociedade, em conformidade com a legislação ambiental, além de representar importante participação na economia alagoana, tendo o açúcar como principal produto exportável do Estado.

2. AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA

*“A sabedoria da natureza é tal,
que não produz nada de supérfluo”.*

Nicolau Copérnico

O crescimento acelerado da produção agropecuária traz consigo um agravamento dos problemas ambientais, tornando obrigatória a inclusão dessa questão nas análises setoriais do agronegócio. Preocupam sob a ótica ambiental a utilização elevada de recursos naturais, a geração de resíduos e dejetos que poluem o ar, a água e o solo e, finalmente a expansão da fronteira agrícola e seus reflexos sobre o desmatamento. Apesar de a legislação ambiental brasileira ser abrangente, não se verifica, na prática, o cumprimento de diversas regulamentações. Entretanto, em alguns anos, isto poderá representar vantagens competitivas no comércio ou, de forma mais radical, a própria exclusão do produtor da atividade.

O uso de práticas, não recomendadas, provoca custos sociais na forma de externalidades negativas. Deve-se, pois, consolidar a avaliação de impactos ambientais em qualquer atividade potencialmente poluidora. Tal avaliação não deve ser vista como mais uma barreira às atividades produtivas, mas como instrumento para identificar os problemas ambientais de determinada atividade, servindo como subsídio para a elaboração de diretrizes que ajam no sentido de minimizar os impactos negativos ao meio ambiente.

A cana-de-açúcar foi oficialmente introduzida no Brasil por Martin Afonso de Souza, em 1532 [Mattos, 1942]. Hoje, é encontrada em todos os Estados. A região produtora de maior destaque é a Centro-Sul, com cerca de 85% da produção brasileira, sendo os 15% restantes produzidos na região Norte-Nordeste. O Estado de São Paulo concentra mais de 60% da produção nacional.

Durante quase duzentos anos, após o descobrimento, a economia nacional baseou-se, praticamente, na agroindústria canavieira. Coube ao Governo Imperial, no final do século XIX, o início da modernização do setor. Data desta época, a instalação do Engenho Central de Piracicaba, fundado em 1881 e desativado em outubro de 1974.

Alguns engenhos evoluíram e transformaram-se em usinas. Por ocasião da proclamação da República, o açúcar ocupava o terceiro lugar nas exportações brasileiras, atrás do café e da borracha. Em 1910, tinha caído para sexto. A partir de 1924, a economia açucareira nordestina entrou em crise, pela queda nas exportações e pelo crescimento da produção no Estado de São Paulo.

A cana de açúcar de origem renovável, ainda como fruto desta grande diversidade, tem-se a produção de plástico biodegradável a partir do açúcar, o PHB (polihidroxibutirato). Deve ser considerado ainda, que todos os resíduos industriais podem ser utilizados na lavoura como insumos de fertilização, fechando-se o ciclo de produção [BARTHOLOMEU, 2000].

A partir da destilação do mel residual, proveniente da fabricação de açúcar, surge no Brasil a indústria alcooleira. Em 1931, o Governo Vargas tornou obrigatória a mistura de 5% de álcool na gasolina, por meio de decreto. Em 1975, ante a forte dependência brasileira do petróleo importado, foi criado o PROÁLCOOL (Programa Nacional do Álcool) com o objetivo de viabilizar o etanol como combustível carburante, no Governo Geisel.

O sistema agroindustrial da cana-de-açúcar tem uma subdivisão que agrega a etapa agrícola, industrial e de transporte, como mostra a figura 2.1, ao qual se pode acrescentar a produção de bioenergia, onde parte da produção retorna ao sistema de produção e a parcela excedente é escoada.

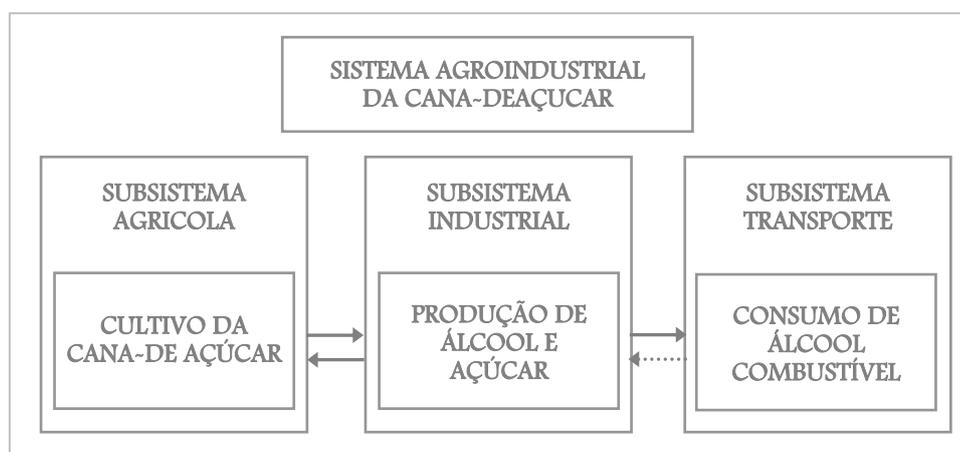


Figura 2.1: Sistema Agroindustrial
Fonte: EMBRAPA

Na última safra (2007/08), o Brasil produziu 490 milhões de toneladas de cana, matéria-prima utilizada para a produção de 30,5 milhões de toneladas de açúcar e 22,3 bilhões de litros de álcool [UNICA, 2008]. Estima-se que o Brasil terá neste ano, 2009, uma colheita recorde de cana-de-açúcar, chegando a 633,7 milhões de toneladas do produto, 10,7% a mais do que 2008, até agora a maior da história [CONAB].

A evolução da produção de cana, açúcar e álcool, da safra de 2003/2004 até a 2007/2008, e estimativa para 2008/2009, é mostrada na figura 2.2, onde visivelmente ascende na safra 2005/2006, no que se refere à produção de álcool, acompanhada da produção de cana em escalas distintas.

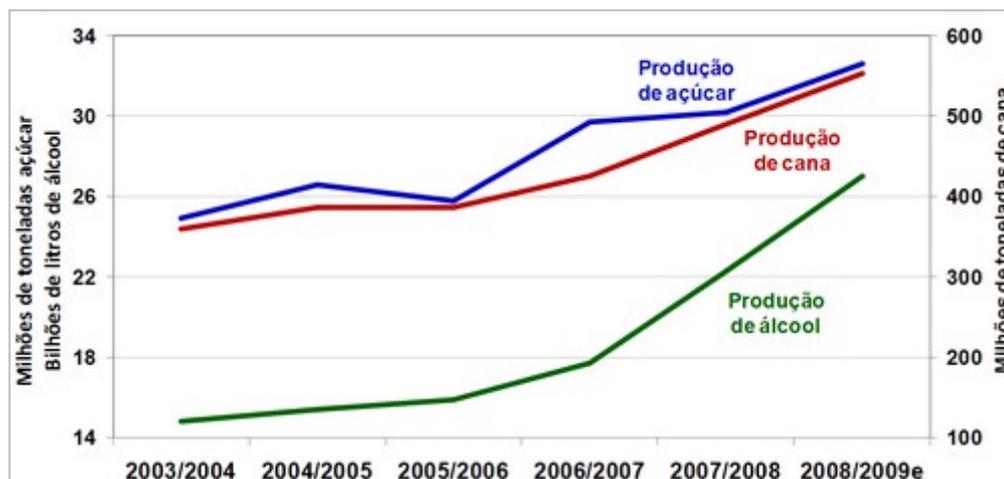


Figura 2.2: Brasil - produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol (e = estimativa)
Fonte: UNICA (2008).

Na figura 2.3, vê-se a evolução no consumo de combustível automotivo, e transição da tipologia, no meado dos anos 70, com a inserção do álcool como combustível. Nesta época o consumo de diesel ultrapassou a gasolina comum. Nos anos 90, o gás natural veicular - GNV - acrescentou outra opção de alternativa. E em 2003, a retomada do álcool com o sistema *flex*, de bicomcombustível voltou a agregar valor ao consumo, ampliando assim a produção de cana, para viabilizar a produção de álcool.

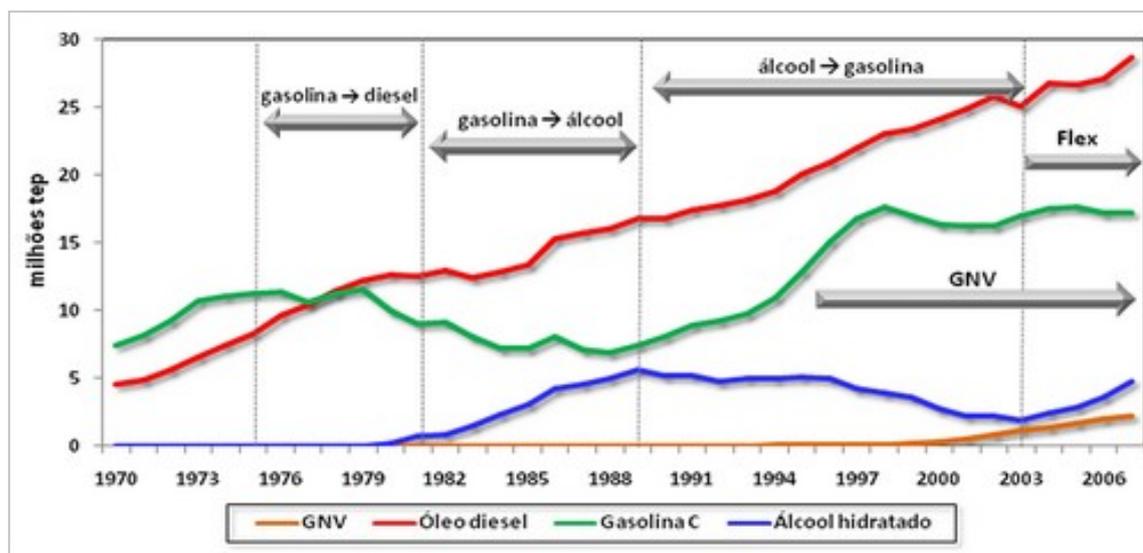


Figura 2.3: Consumo anual de combustíveis automotivos (tep = tonelada-equivalente de petróleo)
Fonte: BEM, (2007) e ANP, (2008); *apud* UNICA, (2008).

2.1 Processos produtivos relevantes: Açúcar e Álcool

A cultura da cana-de-açúcar ocupa atualmente mais de 7 milhões de hectares ou cerca de 2% de toda terra arável do País, que é o maior produtor mundial, seguido da Índia, Tailândia e Austrália. Cultiva-se em duas regiões distintas: Centro-Sul e Norte-Nordeste,

com regimes de chuvas diferentes, que condicionam assim suas safras, permitindo duas safras por ano. No Centro-Sul, onde se concentra 85% da produção nacional, a safra é contada de maio a abril, enquanto a do Nordeste vai de setembro a agosto.

A cana-de-açúcar é uma planta da família das gramíneas (*Saccharum officinarum* L.) cultivada nas regiões tropicais e subtropicais. Ela pode ser considerada uma cultura perene, pois apresenta ciclo de produção de 5 a 7 anos. No Brasil, é a base para a produção de açúcar, álcool e outros subprodutos.

Lima *et al.* (2001) indica que a cana-de-açúcar no Brasil produz, de acordo com a região, entre 50 e 100 toneladas por hectare, em grandes culturas e condições normais. A proporção de caldo produzido pela moagem é, em litros, de 50 a 100% do peso de cana, isto é, uma tonelada pode dar de 500 a 1000 litros de caldo. Admite-se uma média de 850 litros de caldo por tonelada de cana nas fábricas modernas, rendimento que diminui nas fábricas mais artesanais de aguardentes e álcool. A proporção, entretanto, depende da instalação esmagadora e da embebição. Relata ainda que entre 78 a 86% do caldo é água, de 10 a 20% sacarose dentre outras substâncias em menores quantidades. Sua composição química é apresentada na tabela 2.1, entre as substâncias encontradas na cana-de-açúcar, a mais importante é a sacarose, que é um dissacarídeo formado por uma molécula de glicose e uma de frutose.

Tabela 2.1: Composição média da cana de açúcar em porcentagem

Componentes	Teor (%)
Água	65 a 75
Açúcares	11 a 18
Fibras	8 a 14
Sólidos solúveis	12 a 23

Fonte: Caderno Copersucar, (1988), *apud* PEREIRA, (2007).

Após o plantio, a cana alcança a maturidade com cerca de um ano, sendo conhecida neste caso como “cana de ano”. Após a colheita, a cana-de-açúcar é transportada em caminhões, bicaminhões e/ou até mesmo “treminhões”, para o processamento na usina. Depois de ser transportado até as usinas, o material é pesado, amostrado, e então é feito o descarregamento.

As etapas subsequentes ao descarregamento, o processo industrial, diferenciam-se de acordo com cada unidade industrial, por suas particularidades, detalhou-se o processo da Usina Santo Antônio, que tem como produtos, o açúcar, o álcool e a bioenergia.

2.1.1 Corte, transporte e recepção da cana

A partir do controle e do planejamento dos canaviais, é montado um programa de

corte, para o período de colheita, baseado na maturação da cana. Dessa forma, as áreas com cana plantada serão consideradas aptas para o corte em momentos distintos, o que permite seu manejo da cultura.

O transporte da lavoura até a unidade industrial é feito por caminhões. Cada carga transportada pesa aproximadamente 16 toneladas. Hoje há caminhões com capacidade de até três ou quatro carrocerias em conjunto, aumentando muito a capacidade do transporte. Depois de cortada e transportada para a Usina, a cana-de-açúcar é enviada para a moagem, onde se inicia o processo de fabricação do açúcar e do álcool. Nesta etapa é feita a pesagem e a amostragem, para fins de determinação do teor de sacarose e porcentagem de sólidos solúveis. Também é analisado o teor de fibra. O descarregamento é mecanizado e não há armazenamento de cana em virtude da perda de sacarose.

2.1.2 Processo industrial pré-produtivo

a) Lavagem e preparo

Após ser descarregada, a cana é limpa com água para reduzir as impurezas que possam prejudicar o rendimento das etapas subseqüentes. Apenas a cana queimada é lavada. Antes da moagem, a cana é lavada em mesas alimentadoras para retirar a terra proveniente da lavoura.

Depois de limpa, há a desintegração parcial do colmo, de modo a facilitar a extração da sacarose, neste processo, as células da cana são abertas sem perda do caldo. As operações consistem em corte e em desfibramento, preparando-a para a moagem. Após o preparo, a cana desfibrada é enviada à moenda para ser moída e extrair o caldo.

A cana que chega à unidade industrial é processada o mais rápido possível. Este sincronismo entre o corte, transporte e moagem, é muito importante, pois a cana é uma matéria prima sujeita a contaminações e conseqüentemente de fácil deterioração. A moagem diária da usina Santo Antônio é de 15.000 toneladas.

b) Moagem

A extração do caldo é realizada através de compressão da cana desfibrada por um conjunto de cilindros metálicos (ternos), em moendas mecânicas. Na moenda, a cana desfibrada é prensada a uma pressão de aproximadamente 250kg/cm², expulsando o caldo do interior das células, processo este repetido seis vezes continuamente.

Para que a eficiência de extração da sacarose seja elevada, realiza-se a embebição, com adição de água, numa proporção de 30%, à matéria submetida à moagem. A embebição

composta tem função de encharcar o interior das células da cana diluindo o açúcar ali existente e com isso aumentando a eficiência, conseguindo-se extrair cerca de 96% do açúcar contido na cana. O caldo extraído vai para o processo de tratamento do caldo e o bagaço usado como combustível nas caldeiras.

c) Geração de vapor

O bagaço que sai da moenda com muito pouco açúcar e com umidade de 50%, é transportado para as caldeiras, onde é queimado para gerar vapor, que se destina a todas as necessidades que envolvem o acionamento das máquinas pesadas, geração de energia elétrica e o processo de fabricação de açúcar e álcool. O bagaço é muito importante na unidade industrial, porque é o combustível para todo o processo produtivo. A sobra de bagaço é vendida para outras indústrias. Um bom sistema térmico é fundamental. Os processos utilizados são o vapor direto, o vapor de escape e o vapor vegetal.

2.1.3 Processo industrial produtivo

O subsistema industrial demanda por energia térmica, mecânica e elétrica, provenientes totalmente de bagaço de cana, além dos dois produtos mais conhecidos, açúcar e álcool.

2.1.3.1 Geração de Energia elétrica

Parte do vapor gerado é enviada aos turbogeneradores que produzirão energia elétrica suficiente para movimentar todos os acionamentos elétricos e a iluminação. Com o insumo energético, o bagaço permite a auto-suficiência energética da usina e até mesmo a produção de excedente energético para comercialização.

2.1.3.2 Fabricação de Açúcar

Nesta linha, ocorrem as etapas de evaporação (concentração), cozimento, centrifugação e secagem. Do processo, gera o mel pobre ou de primeira, que contém açúcar e deve voltar a uma nova etapa de cozimento e posterior centrifugação, de forma a maximizar a produção de açúcar.

a) Tratamento de caldo

O caldo extraído na moenda, chamado de caldo misto, é um caldo impuro, sendo necessário passar, por um processo de clarificação para retirada de sólidos em suspensão. O

caldo é sulfitado e caleado. Este processo é chamado de dosagem. A adição de enxofre e cal facilita a floculação das substâncias coloidais.

Após a dosagem, o caldo é aquecido a 107°C em aquecedores verticais e enviado aos clarificadores que retêm o caldo por aproximadamente 3 horas em regime contínuo. Neste tempo de retenção, ocorrem reações de floculação e precipitação do material em suspensão que são retirados na forma de lodo. O caldo clarificado e limpo segue o processo para evaporação e o lodo irá para filtração à vácuo onde é recuperada a sacarose ainda existente.

b) Filtração do lodo

Como o lodo ainda é rico em sacarose, é feito uma filtração nos filtros rotativos à vácuo para succionar o material líquido, chamado de caldo filtrado, que sofrerá novo tratamento de clarificação. O material sólido retido nas telas dos filtros é denominado, torta de filtro. Esta torta é enviada à lavoura, sendo utilizada como adubo.

c) Caldo clarificado

O caldo clarificado obtido da decantação do caldo é enviado para a evaporação.

d) Evaporação

O caldo clarificado com aproximadamente 15°Brix entra em um conjunto de evaporadores de múltiplo efeito para a retirada de maior parte da água, concentrando até cerca de 65°Brix, tomando consistência de um xarope. Este xarope é bombeado aos tachos de cozimento para a cristalização do açúcar.

e) Cozimento A

Os tachos de cozimento são equipamentos que continuam a evaporação do xarope, tornando o meio supersaturado dando as condições necessárias à cristalização da sacarose. O produto obtido neste cozimento é a massa A, que é uma mistura de cristais de açúcar e o seu correspondente licor-mãe (mel), de onde foi obtida a cristalização do açúcar.

f) Cozimento B

No cozimento B são formados os cristais para o cozimento A. Os tachos de cozimento B recebem o mel A e por um processo de nucleação, produzem-se os pequenos cristais, de modo controlado e padronizado. Este processo é fundamental na qualidade do produto final, onde todos os cristais são induzidos a uma formação conjunta e uniforme, chamado de semeamento total. A massa B, da mesma forma que a massa A, é uma mistura

de cristais de açúcar e o seu correspondente licor-mãe (mel) de onde foram obtidos os cristais.

g) Centrifugação da massa A

A massa A é um produto que contém cristais de aproximadamente 0,5mm envolvidos numa película de mel. Na centrifugação ocorre a separação do mel, denominado mel A, que irá para os tachos de cozimento B, e açúcar propriamente dito, que é enviado ao secador de açúcar.

h) Centrifugação da massa B

A massa B é um produto que contém cristais de aproximadamente 0,2mm e melaço. Na centrifugação, os cristais são separados do mel B (ou melaço) onde o magma (cristais de açúcar B) será utilizado como núcleo para o cozimento A e o melaço é enviado para a fabricação do álcool.

i) Secagem do açúcar

Nesta etapa o açúcar passa no secador para a retirada da umidade contida nos cristais. Na saída do secador, o açúcar é enviado por esteiras sanitárias até o reservatório próprio para açúcar, de onde é feito o ensacamento.

j) Ensacamento

O açúcar é ensacado em sacos de 50kg ou em contêineres ("big-bag") de 1000 kg.

2.1.3.3 Fabricação do Álcool

A fabricação de álcool da Usina Santo Antônio, é uma unidade anexa, portanto o processo de moagem de cana é comum ao açúcar e álcool.

a) Tratamento do caldo

Parte do caldo é desviada para tratamento específico para fabricação álcool. Este tratamento consiste em aquecer o caldo a 105°C sem adição de produtos químicos, em seguida, decanta-o. Após decantação, o caldo clarificado irá para a pré-evaporação e o lodo para novo tratamento, semelhante feito ao lodo do açúcar.

b) Pré-evaporação

Na pré-evaporação o caldo é aquecido a 115°C, evapora água e é concentrado a 20°Brix. Este aquecimento favorece a fermentação por fazer uma "esterilização" das

bactérias e leveduras selvagens que concorreriam com a levedura do processo de fermentação.

c) Preparo do mosto

Mosto é o material fermentescível previamente preparado. O mosto na Usina Santo Antônio é composto de caldo clarificado, melaço e água, ao qual são adicionadas leveduras. A mistura, conhecida como mosto, é armazenada nas dornas, para fins de fermentação, cujo processo enzimático produz gás carbônico, calor e o vinho. O caldo quente que vem do pré-evaporador é resfriado a 30°C em trocadores de calor tipo placas, e enviado às dornas de fermentação. No preparo do mosto, definem-se as condições gerais de trabalho para a condução da fermentação como, regulação da vazão, teor de açúcares e temperatura. Aparelhos como os densímetros, medidores de vazão e controlador de Brix automático monitoram este processo.

d) Fermentação

A fermentação é contínua e agitada, consistindo de 4 (quatro)estágios em série, compostos de três dornas no primeiro estágio, duas dornas no segundo, uma dorna no terceiro e uma dorna no quarto estágio. Com exceção do primeiro, o restante tem agitador mecânico. As dornas têm capacidade volumétrica de 400.000 litros cada, todas fechadas com recuperação de álcool do gás carbônico.

É na fermentação que ocorre a transformação dos açúcares em etanol, ou seja, do açúcar em álcool. No processo de transformação dos açúcares em etanol há desprendimento de gás carbônico e calor, portanto, é necessário que as dornas sejam fechadas para recuperar o álcool arrastado pelo gás carbônico e o uso de trocadores de calor para manter a temperatura nas condições ideais para as leveduras. O mosto fermentado é chamado de vinho.

e) Centrifugação do vinho

Após a fermentação a levedura é recuperada do processo por centrifugação, em separadores que separam o fermento do vinho. O vinho delevurado irá para os aparelhos de destilação onde o álcool é separado, concentrado e purificado. O fermento, com uma concentração de aproximadamente 60%, é enviado às cubas de tratamento.

f) Tratamento do fermento

A levedura após passar pelo processo de fermentação se "desgasta", por ficar exposta a teores alcoólicos elevados. Após a separação do fermento do vinho, o fermento a 60% é diluído a 25% com adição de água. Regula-se o pH em torno de 2,8 a 3,0

adicionando-se ácido sulfúrico que também tem efeito desfloculante e bacteriostático. O tratamento é contínuo e tem um tempo de retenção de aproximadamente uma hora. O fermento tratado volta ao primeiro estágio para começar um novo ciclo fermentativo; eventualmente é usado bactericida para controle da população contaminante. Nenhum nutriente é usado em condições normais.

g) Destilação

O vinho com 9,5% em álcool é enviado aos aparelhos de destilação. A Usina Santo Antônio produz em média 400m³ de álcool/dia. É produzido álcool neutro, industrial e carburante, sendo o álcool neutro o produto de maior produção. O álcool neutro é destinado à indústria de perfumaria, bebidas e farmacêutica.

Na destilação do vinho resulta um subproduto importante, a vinhaça. É utilizada na lavoura para irrigação da cana, a vinhaça, rica em água, matéria orgânica, nitrogênio, potássio e fósforo, a qual é denominada fertirrigação.

h) Qualidade

Todas as etapas do processo são monitoradas através de análises laboratoriais de modo a assegurar a qualidade final dos produtos. As pessoas envolvidas passam por treinamentos específicos, capacitando-as a conduzir o processo de forma segura e responsável, garantindo a qualidade final de cada etapa que envolve a fabricação de açúcar e álcool.

2.2 Aspectos, impactos e riscos

As atividades industriais de forma geral são potenciais fontes de impactos no ambiente onde estão inseridas. Na verdade toda e qualquer ação antrópica é provocadora de impacto ambiental, desde uma simples residência até uma indústria, pois ambas irão alterar o meio ambiente.

Conforme Kotchetkoff (1999), a cana, como todo vegetal, é formada por reação de fotossíntese, lenta, na qual dióxido de carbono se combina com água, absorvendo calor, resultando em oxigênio e matérias orgânicas - estruturas de hidrato de carbono (CH₂O). Tem-se, assim, absorção de CO₂ e liberação de O₂ na fotossíntese, e a situação inversa na combustão e putrefação. Durante o crescimento da lavoura tem-se consumo de CO₂ e emissão de O₂ desde o plantio até a colheita.

O cultivo e o processo industrial da cana-de-açúcar podem ocasionar impactos ambientais. A tabela 2.2, exemplifica, diante dos recursos hídricos, alguns problemas ambientais e soluções ou alternativas para mitigação ou minimizá-los.

Tabela 2.2: Possíveis Impactos Ambientais - Cana de açúcar.

Recurso Natural	Recursos Hídricos
Problema Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Poluição causada por efluentes das destilarias de álcool e pelas águas de lavagem da cana-de-açúcar; ⊗ Assoreamento de cursos d'água por erosão do solo; ⊗ Poluição tóxica e orgânica diversa;
Possíveis Alternativas / Soluções	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Regulamentação das necessidades de tratamento das águas residuais dos processos produtivos; ⊗ Desenvolvimento de pesquisas e estudos que identifiquem os problemas críticos e apontem soluções viáveis aos produtores; ⊗ Incentivo ao desenvolvimento de tecnologias eficientes para o tratamento das águas residuais e reutilização da água; ⊗ Medidas de racionamento do uso da água e combate ao desperdício, através de processo de conscientização do produtor e possivelmente da cobrança pelo uso da água (neste item, deve-se ter a sensibilidade para valorar a água de forma a apenas racionalize seu uso, e não comprometa os custos de produção, como foi verificado por alguns estudos); ⊗ Medidas de proteção dos mananciais; ⊗ Divulgação das informações para os produtores, tanto referentes às exigências, quanto às alternativas existentes de tratamento/racionalização; ⊗ Programas de recuperação e conservação de bacias hidrográficas; ⊗ Fiscalização e monitoramento das propriedades quanto ao cumprimento das regulamentações.

Fonte: BARTHOLOMEU, (2000).

O estudo realizado por Gunkel *et al.* (2007) mostra monitoramento realizado no rio Ipojuca. As medições realizadas no afluente foram à montante de uma usina de açúcar e, à jusante antes do lançamento na lavoura, como também no efluente, água de lavagem da cana de açúcar. A temperatura com variação inferior a máxima de 3°, e um decaimento de aproximadamente 50% no OD, conforme os dados apresentados na tabela 2.3.

Tabela 2.3: Síntese de monitoramento no rio Ipojuca (Usina Ipojuca S/A - Açúcar).

Parâmetros / Ponto	Montante	Água de Lavagem	Jusante
pH	6,7	6,0	6,3
Temperatura (°C)	27,7	39	29,8
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,5	2,5	2
DBO (mg/L)	41,4	388	66,4

Fonte: GUNKEL et al. (2007)

Os resíduos e subprodutos gerados pelo processo agroindustrial de cana-de-açúcar têm uma caracterização específica. A tabela 2.4 mostra as principais características e possíveis destinações as quais podem ser submetidos.

Tabela 2.4: Principais resíduos da produção de açúcar e álcool

Resíduos e/ou subprodutos	Característica	Disposição
Água de lavagem da cana	Vol.: 2 - 7m ³ /tc DBO: 200 - 1200mg/L pH = 4,8	Fertirrigação Recirculação Tratamento e/ou descarte
Condensados vegetais (secundários)	Vol.: 0,55m ³ /tc DBO: 500 - 1000mg/L	Fertirrigação Recirculação Tratamento e/ou descarte
Água dos condensadores barométricos e dos multijatos	Vol.: 10 - 20m ³ /tc DBO: 100 - 300mg/L T = 35 - 40°C	Fertirrigação Recirculação Tratamento e/ou descarte
Condensados de caldeiras e purgas	Baixo potencial poluidor	Recirculação
Água de lavagem de equipamentos e pisos	Alta concentração de sólidos sedimentáveis. DBO: 400 - 15000mg/L	Fertirrigação Descarte
Águas residuárias domésticas	75 - 120L/dia.trabalho Presença de coliformes	Fossas / sumidouros
Vinhaça	≈ 156L/tc (destilaria anexa) e 910L/tc (destilaria autônoma) Alto potencial poluidor	Fertirrigação, fermentação anaeróbica, combustão em caldeiras, outros usos
Torta de filtro	30 - 40kg/tc Alta DBO	Fertilizante, produção de ceras
Material particulado e gases provenientes da queima do bagaço da cana	Particulados 4000 - 6000mg/Nm ³ ≈ 6kg/tc.NO _x	Atmosfera com ou sem equipamentos de controle.

Fonte: SALLES, (1993); BICHARA e P. FILHO, (1991).

Tc = tonelada(s) de cana moída na usina

Diante de inúmeros os episódios de poluição das águas causada pelo lançamento de efluentes líquidos nos corpos de água, a alta carga orgânica, associada à baixa vazão dos corpos receptores, provocou incontável mortandade de peixes. As águas de lavagem de cana e vinhaça de algumas unidades industriais são lançadas nos rios. Muitas ainda captam elevadas vazões e não operam com 100% de reuso das águas de resfriamento. Nesta condição, a vazão de jusante dos corpos de água pode ser afetada negativamente. Ademais, o lançamento de grandes vazões de água a temperaturas em torno de 35°C, pode provocar a diminuição do teor de oxigênio dissolvido no corpo receptor e causar comprometimento da vida aquática.

O Banco Mundial faz indicações quanto ao máximo de concentração de poluentes nos efluentes, como mostrado na tabela 2.5. Além disso, como medida de prevenção da

poluição, os especialistas da instituição recomendam que a vazão de efluentes seja reduzida até 1,3m³/tc, tendendo a atingir o nível de 0,9m³/tc, implementando a recirculação da água.

Tabela 2.5: Exigências do Banco Mundial para efluentes líquidos de Usinas açucareiras

Parâmetro	Valor máximo
pH	6 - 9
DBO ₅	50mg/L
DQO	250mg/L
Sólidos totais em suspensão	50mg/L
Óleos e gorduras	10mg/L
Nitrogênio total	10mg/L
Fósforo total	2 mg/L

Fonte: Word Bank (1997), *apud* ANDRADE; DINIZ (2007).

Instrumentos previstos na Política Nacional de Meio Ambiente, como a Avaliação de Impacto Ambiental e o licenciamento das atividades potencialmente poluidoras, ainda que exigidos, legalmente, também mostram pouca eficácia, ante a necessidade de se garantir qualidade ambiental. O setor da agroindústria da cana-de-açúcar cresce 6% ao ano e, evidentemente, não acompanha a leniência estatal. Assim, o licenciamento prévio da atividade é letra morta como instrumento preventivo. Na verdade, os canaviais nascem 2 anos antes que a Usina que os sucede. Daí, o licenciamento não conseguir identificar e mitigar os impactos antes da operação do empreendimento.

03. RECURSOS HÍDRICOS

“O custo do cuidado é sempre menor que o custo do reparo.”

Marina Silva

Os ecossistemas aquáticos servem como reservatórios temporários ou finais de uma grande variedade e quantidade de poluentes lançados no ar, no solo ou diretamente nos corpos d'água. Desta forma, a poluição do ambiente aquático, provocada pelo homem, de uma forma direta ou indireta, através da introdução de substâncias inorgânicas ou orgânicas, produz efeitos deletérios tais como: I) prejuízo aos seres vivos, II) perigo à saúde humana, III) efeitos negativos às atividades aquáticas (pesca, lazer, etc.) e IV) prejuízo à qualidade da água com respeito ao uso na agricultura, indústria e outras atividades econômicas [MEYBECK; HELMER, 1992].

Mesmo os sistemas mais avançados de tratamento de despejos pressupõem uma carga residuária a ser destinada aos rios, restando então determinar o quanto poderá absorver sem sofrer degradação e a melhor localização desses lançamentos [GIASANTE, 1997]. Contudo, não é absolutamente proibido lançar despejos nos rios, pois esses têm uma capacidade de assimilá-los por intermédio de diversos mecanismos naturais, tais como difusão e oxidação biológica da matéria orgânica. Deve-se somente lançar a quantidade assimilável, isto é, aquela que não degrada fortemente um rio, mantendo seu complexo ecossistema aquático, inclusive os peixes. O conhecimento da capacidade de um corpo de água assimilar os despejos nele lançados é de fundamental importância para verificar se populações à jusante serão prejudicadas [STIPP, 2000].

3.1 O uso da água no mundo

O relatório “Avaliação Compreensiva do Gerenciamento de Água em Agricultura”, (2007) do *International Water Management Institute*, afirma que um terço da população mundial sofre com algum tipo de escassez de água. Segundo o relatório existem dois tipos de escassez de água. A escassez econômica ocorre devido à falta de investimento e é caracterizada por pouca infra-estrutura e distribuição desigual de água. A escassez física ocorre quando os recursos hídricos não conseguem atender à demanda da população. Regiões áridas são as mais associadas com a escassez física de água.

A disponibilidade hídrica mundial está ilustrada na figura 3.3. Assim, os pontos críticos podem ser percebidos. Há onde existe água e é subutilizada. Há onde não há como expandir a exploração. Segundo a figura entende-se como pouca ou nenhuma escassez de água onde existem recursos hídricos abundantes relativos ao uso, ou seja, menos de 25% da água de rios é retirada para uso humano. Todavia pode-se citar a escassez econômica de água, quando os recursos hídricos são abundantes em relação ao uso de água, com menos de 25% da água dos rios retirada para uso humano, mas a subnutrição existe. As áreas

poderiam ser beneficiadas pelo desenvolvimento de fontes adicionais de água tratada, mas há falta de recursos. Ainda vê-se a escassez física de água, na qual se tem mais de 75% do fluxo dos rios destinados a agricultura, indústria ou uso doméstico (contando com reciclagem de fluxos). Assim, há onde já se atingiu o limite próximo da escassez física de água, onde mais de 60% do fluxo dos rios destinados a alguma atividade. Essas bacias hidrográficas devem enfrentar escassez física de água no futuro próximo.

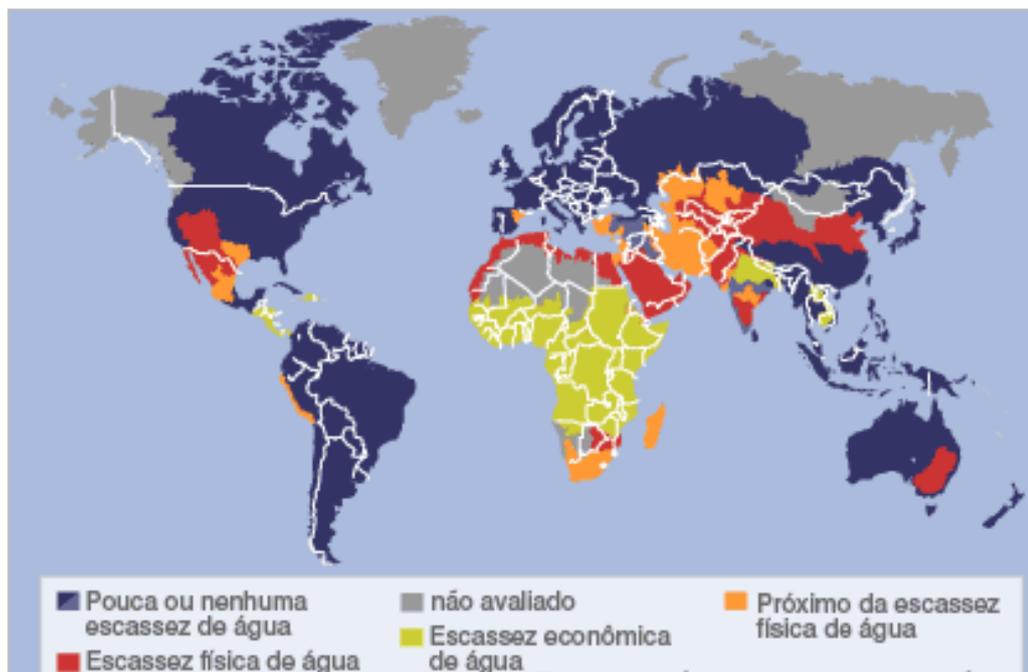


Figura 3.1: Distribuição de água no Mundo.

Fonte: Internacional Water Management Institute - IWMI (2007)

O relatório afirma ainda que, a urbanização e o crescimento econômico significam que a demanda per capita por alimentos vai aumentar, além da demanda por alimentação mais rica e variada. A produção de açúcar, leite, carne, óleos e vegetais exige mais água que a produção de cereais além de um gerenciamento diferente dos recursos hídricos. O total de água usada na produção agrícola a cada ano pode subir dos 7,2 mil quilômetros cúbicos para 13,5 mil quilômetros cúbicos até 2050.

Com a intensificação da prática da irrigação como uma alternativa estratégica para aumentar a oferta de produtos agrícolas, as áreas irrigadas no Brasil vêm aumentando. No período de 1992 a 2002 a área irrigada teve crescimento de 8%. Entretanto, é necessário que haja um manejo racional da irrigação, considerando não apenas as técnicas mais modernas, mas também a aplicação das quantidades adequadas para cada tipo de cultura nos períodos ótimos. Atualmente, quem não adota um método de controle da irrigação acaba utilizando água em excesso para garantir que a cultura não sofra um estresse hídrico,

o que poderia comprometer a produção. Esse excesso tem como consequência um desperdício de energia e de água, usados em um bombeamento desnecessário.

Telles (1999) elabora uma análise da utilização da água em nível das regiões brasileiras, salientando as especificidades. Aponta que, nas regiões Sul e Sudeste, há grande utilização da irrigação sendo que o pouco cuidado com a mensuração do volume de água a ser utilizado é bastante comum. Nas regiões como Nordeste, a produção e a criação dos rebanhos são extremamente afetadas pela disponibilidade de água; a “irrigação obrigatória”, como salienta Telles, é um aspecto importante de diferenciação com outras regiões do país.

Enquanto, nas demais regiões, a irrigação é utilizada predominantemente como complemento necessário à produção, com a utilização de técnicas e produtos diferenciados, no Nordeste é praticamente obrigatória a utilização da irrigação para que possa haver produção. Um dado preocupante apontado por Telles (1999) e explicitado na figura 3.2 é o aumento da área irrigada, que segundo o autor não segue parâmetros racionais de uso ou adequação de quantidade, qualidade ou aprimoramento técnico.

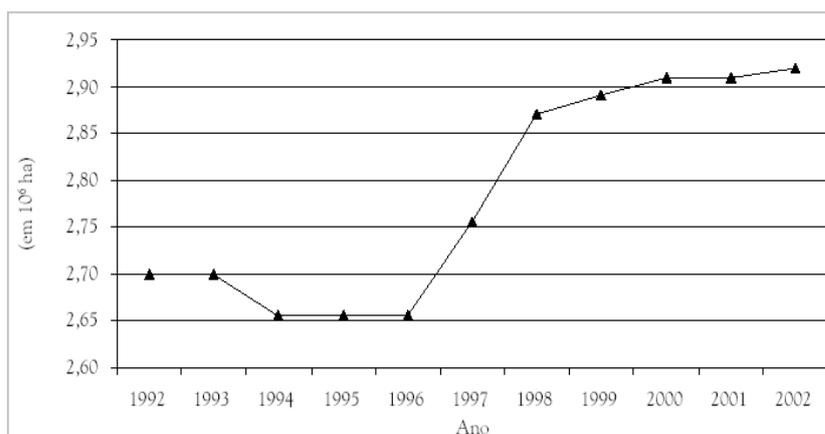


Figura 3.2: Evolução das áreas irrigadas (10⁶ ha), no Brasil (1992-2002)
Fonte: Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (1997).

Considerar a água como produto de exportação indireta brasileira nos remete ao processo de dispersão de riscos ambientais em escala global, pois evidencia quem está pagando a conta da escassez dos recursos hídricos de outras regiões do mundo. Todos os produtos brasileiros que são exportados, sobretudo os produtos agrícolas, demandam um volume de água para serem produzidos e essa água é “exportada” juntamente com estes produtos (soja, carne ou cana-de-açúcar) sem que seja contabilizada.

A agricultura assemelha-se à indústria à medida que a tecnologia e a integração vertical, a comercialização e as preferências dos consumidores têm evoluído segundo pautas que se ajustam mais ao perfil dos setores industriais que agrícolas. Isto faz com que o

desenvolvimento da agricultura seja cada vez mais sensível às forças do mercado e se integre mais aos fatores da interdependência industrial [FAO, 1997].

A evolução do consumo de água é percebida na figura 3.3, que demonstra os volumes demandados para suprir a necessidade de uso no mundo entre 1900 e 2000, considerando o volume de perdas em reservatórios.

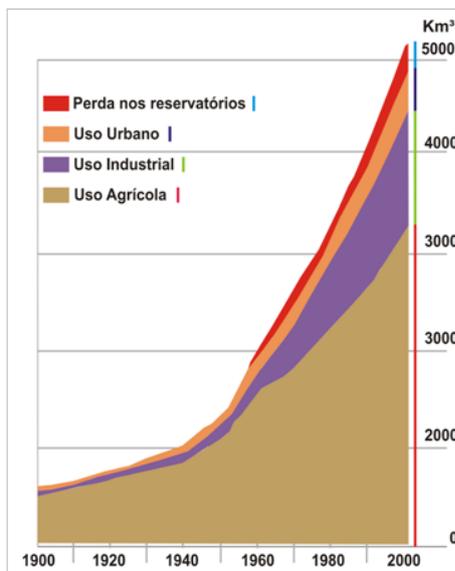


Figura 3.3: Demonstração de volumes de água, demandas no mundo de 1900 a 2000.
Fonte: BARRETO, et al. (2004).

A demanda de água pela indústria depende de coeficientes técnicos e das perdas de cada setor, além da tecnologia adotada. Há indústrias altamente consumidoras e outras de baixa demanda, que podem ser abastecidas pela rede pública ou por poços profundos. Uma fábrica de cerveja, que é uma indústria grande consumidora de água, utiliza em média 20m^3 de água para produzir 1m^3 de cerveja. Além do consumo de água para a produção, a indústria utiliza a água para o lançamento de despejos industriais. A figura 3.4 sumariza esta situação.

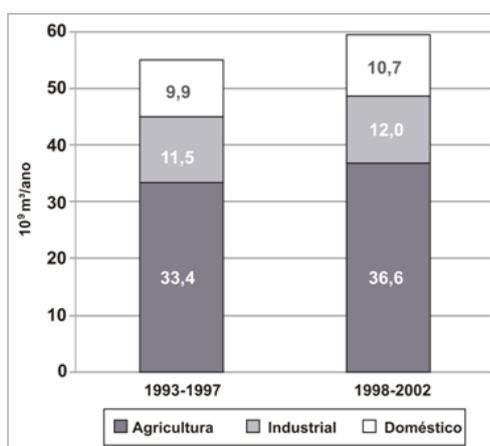


Figura 3.4: Uso da água por setores de atividade, Brasil 1993-1997 e 1998-2002.
Fonte: CARMO, (2007).

A tabela 3.1 expõe acerca da água renovável e o uso setorial na América do sul. O setor agrícola em todos os países sul-americanos é o maior consumidor, chegando o Uruguai a atingir 91% do consumo. Enquanto a Venezuela tem uma similaridade de consumo, no uso doméstico (44%) e o agrícola (46%). O Brasil alcança a semelhança de consumo nos usos domésticos (21%) e industrial (18%). Sendo o Paraguai, a Venezuela e o Brasil a abrigar os maiores volumes de água renovável.

Tabela 3.1 Água renovável e uso setorial consuntivo de água: América do Sul

País	Doméstico (%)	Industrial (%)	Agrícola (%)	Água Renovável (m ³ /hab.ano)
Argentina	16	9	75	27.865
Bolívia	32	20	48	38.625
Brasil	21	18	61	42.459
Chile	5	11	84	32.007
Colômbia	37	4	59	26.722
Equador	12	6	82	26.305
Paraguai	15	7	78	63.750
Peru	7	7	86	3.641
Uruguai	6	3	91	37.971
Venezuela	44	10	46	57.821

Fonte: CHRISTOFIDIS, (2001).

Segundo Christofidis (2001), embora, em média, no Brasil ocorra um alto indicador de água renovável por ano (42.459km³), alguns Estados brasileiros apresentam uma situação que exige elevada capacidade de gestão da água, por estar em situação de escassez hídrica (tabela 3.2).

Tabela 3.2: Estados brasileiros em situação de alerta de “escassez hídrica”

Estados	Disponibilidade Hídrica (m ³ /hab.ano)
Alagoas	3.545
Distrito Federal	3.338
Paraíba	3.327
Pernambuco	3.173
Rio Grande do Norte	3.523
Sergipe	3.422

Fonte: CHRISTOFIDIS, (2001).

Países desenvolvidos e emergentes negociam o biocombustível, importações e exportações de forma quase imperceptível pelo homem comum, levando em consideração o valor agregado da água no ciclo de produção do produto final.

Com o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel do Governo Federal a indústria brasileira se lançou no mercado de produção de combustível renovável. Mas um

dos maiores vilões da produção do biodiesel é o consumo de água, que é usado para a purificação do combustível. Com isso, mais uma vez, levanta a questão do uso consciente da água para fins industriais.

3.2 Gestão de Recursos Hídricos

A gestão de recursos hídricos pode ser definida como o conjunto de ações destinadas a regular o uso, o controle e a proteção dos recursos hídricos, em conformidade com a legislação e normas pertinentes. Integra projetos e atividades com o objetivo de promover a recuperação e a preservação da qualidade e quantidade dos recursos das bacias hidrográficas brasileiras e atua na recuperação e preservação de nascentes, mananciais e cursos d'água em áreas urbanas.

O acesso aos recursos hídricos é direito de todos, e objetiva atender às necessidades essenciais da sobrevivência humana. Os recursos hídricos são um bem público, de valor econômico, cuja utilização deve ser tarifada. A bacia hidrográfica é a unidade básica físico-territorial de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. O gerenciamento dos recursos hídricos far-se-á de forma participativa e integrada, considerando os aspectos quantitativos e qualitativos desses recursos e as diferentes fases do ciclo hidrológico. O aproveitamento dos recursos hídricos deverá ser feito racionalmente, de forma a garantir o desenvolvimento e a preservação do meio ambiente. O aproveitamento e o gerenciamento dos recursos hídricos serão utilizados como instrumento de combate aos efeitos adversos da poluição, da seca e do assoreamento. O serviço de gestão de recursos hídricos é uma solução inovadora que visa a otimização dos recursos hídricos gerando mais economia para indústrias e condomínios além de favorecer uma contribuição ao meio ambiente.

No âmbito do desenvolvimento sustentável, o manejo sustentável dos recursos hídricos compreende as ações que visam garantir os padrões de qualidade e quantidade da água dentro da sua unidade de conservação, a bacia hidrográfica. É atualmente aceito o conceito de gestão integrada dos recursos hídricos como paradigma de gestão da água. Procurar este conceito e dar relevância à necessidade de integrar a gestão da água em função dos seus diferentes tipos de uso, das diferentes dimensões de conhecimento que estão envolvidas, dos diferentes tipos de instituições. Pressupõe a valorização da água em função da sua natureza renovável e fluída.

A Constituição Federal de 1988 classifica a água e os demais recursos naturais existentes no território nacional, como bens de uso comum do povo, posto que essenciais à sadia qualidade de vida. FIORILLO (apud FREITAS, 2000) esclarece que, o bem de uso comum do povo é o bem que pode ser desfrutado por toda e qualquer pessoa dentro dos

limites constitucionais. Para PETRELLA (2002, p. 87) "o acesso básico à água deve ser considerado um direito fundamental político, econômico e social para indivíduos e coletividades, já que a segurança biológica, econômica e social de todos os seres humanos e de todas as comunidades humanas depende do gozo desse direito".

MACHADO (2002, p.25) esclarece que o domínio público da água não transforma o Poder Público Federal e Estadual em proprietário da água, mas o torna gestor desse bem, no interesse de todos. O ente público não é proprietário, senão no sentido formal (tem poder de autotutela do bem), na substância é um simples gestor do bem de uso coletivo.

MACHADO (2002, p. 25) ainda arrola algumas conseqüências ante a aplicabilidade do fundamento de que a água é um bem de uso comum do povo, quais sejam, o uso da água não pode ser apropriado por uma só pessoa, física ou jurídica, com exclusão absoluta dos outros usuários em potencial; o uso da água não pode significar a poluição ou agressão desse bem; o uso da não pode esgotar o próprio bem utilizado; e a concessão ou a autorização (ou qualquer tipo de outorga) do uso da água deve ser motivada ou fundamentada pelo gestor público.

Embora seja um recurso natural renovável, a água é um recurso finito, percebe-se que não atenderá perpetuamente a ilimitada e crescente necessidade humana. Ou seja, sua renovação cíclica não acompanha a crescente utilização da água pelo ser humano.

A água é essencial ao ser humano e a toda atividade antrópica quer seja comercial, industrial, agrícola, recreativa, esportiva. Em decorrência, um dos pilares da PNRH é a gestão dos recursos hídricos visando os usos múltiplos, ou seja, uso urbano, industrial, geração de energia elétrica, navegação, lazer e irrigação. Ao contrário da PNRH, o Código de Águas conferia prioridade à produção energética em detrimento dos demais usos.

O Brasil seguiu a tendência mundial adotando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e implantação da PNRH. Assim sendo a gestão terá como âmbito territorial a bacia hidrográfica e não as fronteiras administrativas e políticas dos entes federados. Entende-se por bacia hidrográfica "uma área com um único exutório comum para o escoamento de suas águas" (Glossário de Termos Hidrológicos, in GRANZIEIRA, 2001, p. 37). Hodiernamente, a maioria das políticas públicas ambientais adota a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e implantação.

A Lei 9.433/97 dotou o Brasil de instrumentos eficazes para promover a gestão dos recursos hídricos. Incumbe-nos, sociedade brasileira e órgãos estatais, colocá-los em prática. O processo, lento e árduo, já teve início, exemplo é a criação de inúmeros comitês de gerenciamento de bacia hidrográfica e de órgãos federais e estaduais destinados ao gerenciamento hídrico.

3.2.1 Política Nacional dos Recursos Hídricos

Instituída pela lei 9433, de 08 de janeiro de 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos configura um marco que reflete uma profunda mudança valorativa no que se refere aos usos múltiplos da água, às prioridades desses usos, ao seu valor econômico, à sua finitude e à participação popular na sua gestão.

Antes da edição da referida lei, outras normas legislaram sobre os recursos hídricos, ou seja: Código Civil de 1916, Código de Águas, constituições brasileiras, resoluções do CONAMA. Importante salientar que, o Código de Águas, editado em 1934, através do Decreto 24.643, foi o primeiro diploma legal que criou instrumentos destinados à gestão dos recursos hídricos. Todavia, os dispositivos legais não foram regulamentados e conseqüentemente os instrumentos não foram implementados.

Para o sucesso de uma política hídrica ou de qualquer política ambiental é imprescindível a participação popular. Assim sendo, a PNRH adotou como um de seus fundamentos a gestão descentralizada e participativa.

A gestão é descentralizada porque realizada em nível de bacia hidrográfica, através dos comitês de bacia, ou seja, a gestão não é realizada em nível estadual ou federal. É participativa, a Lei prevê que a gestão não se realizará somente por órgãos públicos, mas também pelos usuários e organizações civis.

Almejando a sustentabilidade hídrica, a referida Lei, ao teor do artigo 2º, incisos I e II, tornou imprescindível a obtenção de outorga. A outorga somente será concedida pelo poder público aos usuários se a utilização almejada for compatível com o plano da bacia hidrográfica. Portanto, a outorga é um importante instrumento de planejamento, monitoramento e fiscalização dos recursos hídricos.

Outro objetivo da PNRH é a prevenção e defesa contra os eventos hidrológicos nocivos, tais como: inundações, enchentes e desmoronamentos. Grande parte destes eventos é previsível e evitável, pois são decorrentes da ação humana: ocupação desordenada do solo, poluição e devastação da mata ciliar.

Em linhas gerais, as diretrizes estabelecem que, a gestão hídrica deve estar integrada e articulada com a gestão ambiental, gestão do uso do solo, gestão dos sistemas estuarinos e zonas costeiras e também com os planejamentos estadual, regional, nacional e dos setores usuários. Estabelecendo ainda, que a gestão hídrica deve ser realizada sem dissociação dos aspectos quantitativos e qualitativos, haja vista que o uso dos recursos hídricos, afeta ambos os padrões.

Em nível Nacional a Lei 9.433/97 que trata da Política nacional dos Recursos Hídricos e Estadual tem-se a Lei 5.965/97-AL. Deve apresentar um conteúdo mínimo que fundamente e oriente a implementação dessa Política, tomando por unidade de estudo e planejamento, a bacia hidrográfica ou um conjunto de bacias hidrográficas.

3.2.3 Instrumentos: Enquadramento e Outorga

Os instrumentos das PNRH, ao teor do artigo 5º, da Lei 9.433/97, são: os planos de recursos hídricos (planos de bacia hidrográfica, planos estaduais de recursos hídricos e o plano nacional de recursos hídricos), o enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes, a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e o sistema de informações sobre recursos hídricos.

Dentre os instrumentos existentes o enfoque foi dado ao Enquadramento e a Outorga, visto que os rios do estado de Alagoas estão em enquadramento, e a efetividade dos processos de cessão de direito do uso dos recursos hídricos estão diretamente atrelados aos licenciamentos ambientais.

3.2.3.1 Enquadramento dos corpos d'água

Instrumento da política nacional de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos hídricos tem influência nos critérios de análise de pedidos de outorga de lançamentos. Todos os usuários, aqueles que fazem captação para qualquer finalidade de uso nas águas de rios, lagos ou águas subterrâneas, deve ser solicitada uma Outorga ao Poder Público.

O enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes que tem como norma disciplinadora a Resolução CNRH 12/2000. Esta resolução em seu artigo 1º, inciso I, define enquadramento como "o estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um dado segmento do corpo de água ao longo do tempo". Ou seja, enquadrar um corpo d'água não significa identificar sua classe atual e sim propor que, o corpo adquira ou mantenha um nível de qualidade (classe) em determinado período, de acordo com os usos a que se destina.

Os objetivos principais do enquadramento são: "assegurar a qualidade da água compatível com os usos mais exigentes a que se destinam e diminuir os custos do combate à poluição mediante adoção de ações preventivas permanentes", de acordo com o artigo 9º, da Lei 9.433/97.

O Enquadramento de corpos d'água em classes é um dos principais instrumentos das Políticas de Recursos Hídricos. Em Alagoas há uma proposta de enquadramento dos rios Coruripe, Piauí, São Miguel e Pratagy, que se encontra em fase de licitação na SEMARH, entretanto não contempla o rio Santo Antonio e os outros não contidos na lista supracitada.

3.2.3.2 Outorga: Captação e Lançamento

A Constituição de 1988 estabeleceu que as águas são de domínio da União ou dos Estados e do Distrito Federal. No caso das águas de domínio da União, a ANA - Agência Nacional de Águas é quem concede e para as águas de domínio dos Estados e do Distrito Federal compete aos órgãos gestores dos Sistemas Estaduais a emissão da outorga, com base nas diretrizes estabelecidas em legislações específicas de cada Estado, em Alagoas a SEMARH – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - muitas vezes com participação dos conselhos estaduais e dos comitês de bacias.

Os usos para captação de água para o abastecimento doméstico, para fins industriais ou irrigação; para o lançamento de efluentes industriais ou urbanos, a construção de obras hidráulicas, como barragens e canalizações de rio, ou, ainda, à serviços de desassoreamento e de limpeza de margens, precedem de outorga.

O objetivo da outorga é assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos das águas superficiais e subterrâneas e o efetivo exercício do direito de acesso à água. Segundo a política nacional de águas, o artigo 12 trata dos usos sujeitos à outorga, como a derivação ou a captação de parcela da água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; como também a extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; ou o lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; ainda o aproveitamento dos potenciais hidrelétricos; e outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água.

Conforme visto, estão sujeitos à outorga não somente os usos decorrentes da extração e derivação da água, mas também os decorrentes da utilização dos cursos e corpos d'água como assimiladores de efluentes. A citada lei, em seu artigo 12, §1º, também enumera os usos que não dependem de outorga, quais sejam: os que se destinam ao abastecimento de pequenos núcleos rurais, as derivações, captações e acumulações de água, como também os lançamentos de efluentes considerados insignificantes.

A Lei 9.984/00, em seus artigos 6º e 7º, criou a outorga preventiva que tem a finalidade de declarar a disponibilidade de água para os usos requeridos, ou seja, reservar

determinada vazão e assim estabelecer uma relação preferencial, ante os que não a obtiveram. Importante consignar que, a outorga preventiva não confere o direito de uso ao tempo da concessão, como também não assegura a concessão da outorga de direito de uso. O requerente tem o prazo máximo de até 3 anos para utilizar da outorga preventiva recebida, conforme dispõe o artigo 6º, §2º, da Lei 9.984/00.

Importante salientar que, a outorga é um ato administrativo precário, ou seja, pode ser suspensa total ou parcialmente, em definitivo ou por prazo determinado, nas situações mencionadas na legislação, tais como: em casos de calamidade pública, para reversão e prevenção de danos ambientais ou ainda, em caso de não cumprimento dos termos da outorga. A suspensão da outorga não gera direito à indenização aos outorgados e seu prazo máximo de concessão de outorga é de 35 anos, porém passível de renovação.

No que tange o uso de água no sistema industrial sucroalcooleiro da Central Açucareira Santo Antônio enquadra-se a outorga de direito de uso do ponto de captação e do ponto de lançamento, que se tornou requisito para obtenção do licenciamento ambiental junto ao órgão ambiental responsável.

3.3 A água na fabricação do açúcar, álcool e bioeletricidade

As indústrias sucroalcooleiras são usuários que se caracterizam por grande demanda de água, e geram volumes proporcionais de resíduos a serem descartados. No processo da cadeia produtiva e nas etapas produtivas, a lavagem de cana, dependendo do sistema empregado nessa etapa do processo, pode apresentar o maior consumo.

O consumo pode variar de 2 a 20m³ de água para cada tonelada de cana esmagada [UNICA, 2003]. Essa grande variação se dá basicamente pelo desconhecimento das reais necessidades hídricas da indústria, pois o chamado desenvolvimento sustentável exige a racionalização dos recursos naturais como um todo, de maneira a atender as necessidades gerais no presente, sem comprometer as necessidades das gerações futuras.

Dentro do sistema do processo industrial de açúcar e álcool, são consumidos cerca de 3,6 bilhões de litros anuais de água, sendo esta atividade econômica a que apresenta o maior consumo desse recurso natural. Estima-se que, para cada tonelada de álcool hidratado produzido, são consumidas 125 toneladas de água. Esse insumo é utilizado na lavagem de cana, moagem, fermentação, destilação, produção de vapor e lavagem de equipamentos, sem contar a fase de cultivo da cana (figura 3.5).

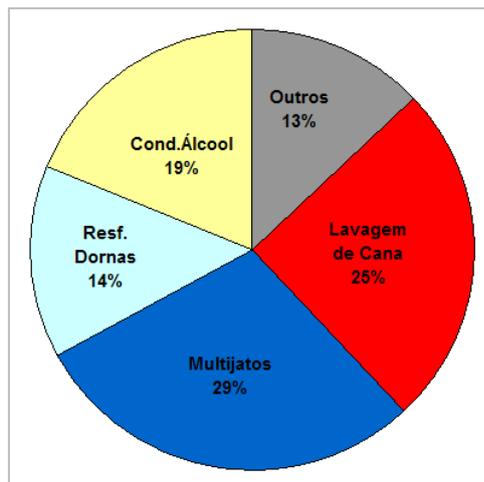


Figura 3.5: Destinação da água durante o processo industrial na usina de cana de açúcar.
Fonte: Elia Neto, A. 1995, *apud* PPP: Água na Indústria da Cana-de-açúcar, CETESB, (2008).

A demanda de água na agroindústria sucroalcooleira tem uma variável de grande relevância, referente quanto à tipologia do processo produtivo da usina e o produto final. O uso específico de água é maior na produção do açúcar, caso de uma usina que só produza açúcar, o que atualmente é muito raro. A tabela 3.3 ilustra a demanda de acordo com a tipologia industrial.

Tabela 3.3: Usos médios de água: Tipologia do Processo Industrial da Usina de cana de açúcar

Tipo de unidade industrial	Uso (m ³ /t.cana)	Peso (%)
Usina (100% açúcar)	30	143
Usina c/ destilaria anexa (50% açúcar e 50% álcool)	21	100
Destilaria autônoma de álcool (100% álcool)	15	72

Fonte: Elia Neto, A. 1995, *apud* PPP : Água na Indústria da Cana-de-açúcar, CETESB, (2008).

Apesar do uso de água ser grande, o volume de captação e de lançamento de despejo pode ser reduzido devido aos controles internos e reuso. Há unidades industriais que possuem diretrizes de uso e reuso de água, as quais objetivam a captação mínima e lançamento zero, empregando a prática de redução e reuso de água, circuitos fechados com torres, e o lançamento de águas residuárias para lavoura (tabela 3.4). Elia Neto (1995) já orientava metas para o uso de águas no setor, que veio a ser implementada por meio da resolução SMA 067/2008. Existem usinas que captam água com taxas menores ainda, de até 0,5m³/t.cana.

Tabela 3.4: Metas para gerenciamento de águas para o setor sucroalcooleiro

Captação (m ³ /t.cana)	1,0
Consumo (m ³ /t.cana)	1,0
Lançamento (m ³ /t.cana)	Zero

Fonte: ELIA NETO, A. 1995, *apud* PPP : Água na Indústria da Cana-de-açúcar, CETESB, (2008)

A resolução SMA N° 067, de setembro de 2008, define as diretrizes técnicas para licenciamento de empreendimentos do setor sucroalcooleiro do estado de São Paulo, onde considera a necessidade de adequar a avaliação dos impactos associados, inclusive os cumulativos da expansão da atividade canavieira, como trata a resolução Conjunta SMA-SAA N° 004, de setembro de 2008, que estabeleceu o Zoneamento Agroambiental. A resolução impõe que em áreas classificadas como Adequadas e Adequadas com Limitações ambientais deve-se minimizar a utilização dos recursos hídricos, adotando o limite máximo de 1m³ de água por tonelada de cana moída, e restringe para 0,70m³ em áreas consideradas adequadas, mas com restrições ambientais.

A tabela 3.5 apresenta um quadro resumo das necessidades hídricas para o processo de fabricação de açúcar e álcool de 10 unidades industriais alagoanas. Verifica-se que os valores oscilam fortemente, certamente influenciados por características técnicas da unidade, e também pela restrição hídrica local, que forçou consumos menores.

Tabela 3.5: Necessidade hídrica para o processo industrial.

Usina	Cana Moída (TC/dia)	Vazão (m ³ /h)	Necessidade hídrica (m ³ /TC)
Usina A / AL	12.000	4.000	8,00
Usina B / AL	10.000	2.400	5,80
Usina C / AL	7.000	3.500	5,20
Usina D / AL	9.000	3.200	3,20
Usina E / AL	10.000	300	0,70
Usina F / AL	8.000	3.000	9,00
Usina G / AL	6.000	2.900	11,60
Usina H / AL	7.200	3.300	4,30
Destilaria A / AL	5.500	2.800	12,20
Destilaria B / AL	4.000	3.680	10,10

Fonte: Buarque, 2003.

3.4 Águas de Lavagem de Cana

A lavagem é uma etapa importante, e é feita nas mesas alimentadoras. A água é empregada na lavagem da caba para a retirada de matérias estranhas como areia, argila, palha, etc., com a finalidade de obtenção de um caldo de melhor qualidade e aumento de vida útil dos equipamentos, pela redução do desgaste. Essa lavagem nunca é feita na cana picada, pois provocaria um arraste muito grande de sacarose pela água.

A tabela 3.6 aponta medidas para minimizar o desperdício de água na etapa da lavagem da cana-de-açúcar.

Tabela 3.6: Medidas para minimizar o desperdício na lavagem da cana-de-açúcar.

Rejeito		Água de lavagem
Origem		Lavagem da cana antes da moagem
Composição		<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Teores consideráveis de sacarose, principalmente no caso de despalha da cana com fogo; ⊗ Material vegetal, terra e pedregulhos aderidos
Exemplos de medidas	Redução	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Eliminação da despalha com fogo reduz a aderência da terra e pedregulhos, podendo haver dispensa da lavagem; ⊗ Realização da lavagem em mesa separada daquela onde ocorre o desfibramento (evita perda de bagacilho aderido);
	Reuso / Reciclo	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Reciclagem no processo de embebição (permite recuperação de parte da sacarose diluída); ⊗ Reciclagem no processo de lavagem (necessita de tratamento para remoção de sólidos grosseiros e resíduos sedimentáveis e, eventualmente para remoção substâncias orgânicas solúveis).

Fonte: CETESB, (2002).

Kesserlingh (2002) expõe que o contato íntimo da água com a cana dissolve parte do açúcar nas superfícies de pontas, pedaços esmagados e principalmente da exsudação devido à queima da cana, promovendo quantidades consideráveis de DBO na água. Tecnologias novas em alimentação de cana, como mesa 45°, que devido ao ângulo possibilita a lavagem da cana com volumes inferiores de água, têm sido introduzidas nas indústrias.

Conforme Camargo (1990), os parâmetros básicos do processo de Lavagem são:

- ⊗ Volume de água a ser empregado;
- ⊗ Modo de aplicação, sempre que possível ser sobre pressão, podendo ser a frio ou a quente. A lavagem a quente geralmente utiliza condensado;
- ⊗ Altura da pilha de cana: se muito grande, as impurezas removidas de camadas superiores ficam depositadas nas partes inferiores;
- ⊗ Velocidade das esteiras;
- ⊗ Água residuária: é recomendável que seja levada para lagos de decantação, devendo ser primeiramente peneirada, de modo a evitar arraste de palhas pedaços de colmo e outras impurezas. Porém verifica-se que, que normalmente, a água de lavagem é usada em circuito fechado, sendo renovada quando já muito contaminada.

Para a lavagem da cana, conforme mostra a tabela 3.7, pode utilizar de 1,4 a 8,26m³ de água para cada tonelada de cana, representando cerca de 25% da água utilizada no processo de produção.

Tabela 3.7: Usos médios de água na Indústria Sucroalcooleira: Setorial.

Setor	Finalidade	Uso Específico	Uso Médio (m ³ /t.cana total)	Distribuição (%)
Alimentação	Lavagem de Cana	1,4 a 8,26m ³ /tc	5,330	25,4
Extração (Moendas)	Embebição	0,25m ³ / tc	0,250	1,2
	Resfriamento de Mancais	0,15m ³ / tc	0,150	0,7
Tratamento de caldo	Preparo de Leite de Cal	0,03m ³ / tc	0,030	0,1
	Resfriamento Coluna de Sulfitação	0,10m ³ / tc p/açúcar	0,050	0,2
	Embebição dos Filtros	0,04m ³ / tc	0,040	0,2
	Condensadores dos Filtros	0,30m ³ / tc	0,300	1,4
Concentração do Caldo	Condensadores/Multijatos Evaporação	4 a 6m ³ / tc p/açúcar	2,000	9,5
	Condensadores/Multijatos Cozedores	8 a 10m ³ / tc p/açúcar	4,000	19,0
	Diluição de Méis	0,06m ³ / tc p/açúcar	0,030	0,1
	Resfriamento Cristalizadores	0,10m ³ / tc p/açúcar	0,050	0,2
	Lavagem de Açúcar	0,01m ³ / tc p/açúcar	0,005	0,0
Geração de Energia	Produção de Vapor	424 a 602kg/ tc	0,500	2,4
	Resfriamento Turboeradores	0,20 m ³ / tc	0,200	1,0
Fermentação	Resfriamento do Caldo	10 a 30m ³ /m ³ .álcool	1,000	4,8
	Preparo do Mosto	0,01m ³ /m ³ .álcool	0,001	0,0
	Preparo do Pé de cuba	0,01m ³ /m ³ .álcool	0,001	0,0
	Resfriamento de Dornas	61m ³ /m ³ .álcool	3,000	14,3
Destilaria	Resfriamento Condensadores	80m ³ /m ³ .álcool	4,000	19,0
Outros	Limpeza Pisos e Equipamentos	0,050m ³ / tc	0,050	0,2
	Uso Potável	70L/funcionário.dia	0,030	0,1

Fonte: Elia Neto, A. 1995, *apud* PPP : Água na Indústria da Cana-de-açúcar, CETESB, (2008).

04. A AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA E OS RECURSOS HÍDRICOS

*“O mundo muda constantemente, e,
na Natureza, ser constante seria uma inconstância”.*

Abraham Cowley

O desenvolvimento da agricultura significou uma importante transição para a humanidade, a partir da qual o homem passou progressivamente a transformar os diversos recursos naturais em bens e serviços para sua subsistência e melhoria de qualidade de vida. Desde então a história da humanidade pode ser vista como o desenvolvimento progressivo das estruturas que garantam estas transformações, e conseqüentemente a satisfação de nossas necessidades.

Este processo, de uso e transformação de recursos naturais, traz efeitos negativos, como tem ficado cada vez mais evidente conforme se tornam mais intensas e complexas as interações entre a humanidade e a natureza. Este fato fez com que se fizessem necessárias medidas que limitassem os danos causados pela nossa atividade no meio ambiente.

Sempre houve regiões em que o recurso natural água se mostra escasso quantitativamente. Com o “desenvolvimento” da humanidade, a escassez hídrica ampliou-se em volume, sendo incrementada pela crise qualitativa dos mananciais.

Na implantação e operação de indústrias é importante considerar que a utilização das potencialidades advindas dos recursos hídricos (energia, transporte, matéria-prima etc.) é um benefício inquestionável e único, mas precisa ser acompanhada do uso racional da água. Sendo, por isso, fundamentais a redução e o controle do lançamento de efluentes industriais no meio ambiente, como uma das formas de cooperação e participação no desenvolvimento sustentável. Cabe ao setor industrial a responsabilidade de minimizar ou evitar que o processo produtivo acarrete em impactos ambientais.

O lançamento indevido de efluentes industriais de diferentes fontes ocasiona modificações nas características do solo e da água, podendo poluir ou contaminar o meio ambiente. A poluição ocorre quando esses efluentes modificam o aspecto estético, a composição ou a forma do meio físico, enquanto o meio é considerado contaminado quando existir a mínima ameaça à saúde de homens, plantas e animais.

4.1 Caracterização da Água de Lavagem da Cana-de-áçucar

As águas residuais na agroindústria canavieira são aquelas descartadas após serem utilizadas nos processos industriais e nas atividades domésticas. Quando são lançadas diretamente nos rios e lagos, devido as suas características físicas, químicas e biológicas, podem contaminar os recursos hídricos. Portanto, necessitam de tratamento ou de reuso em outras atividades para que não tornem inutilizáveis os corpos receptores.

De grande relevância para a questão do uso dos recursos hídricos é a forma de reaproveitar as águas residuais nos circuitos de produção do setor e de se reduzir o seu

consumo em atividades com tecnologias que permitam mudanças. Nesse sentido, valem os exemplos da água de lavagem da cana-de-açúcar e das sobras dos processos de condensação e de resfriamento do caldo. Essas águas residuais possuem alto potencial poluidor, mas não precisam ser descartadas, pois podem ser completamente reaproveitadas em sistemas de produção com circulação fechada.

O Efluente oriundo da lavagem da cana é considerado de médio potencial poluidor em termos de matéria orgânica (180 a 500mg/L de DBO₅) e alta concentração de sólidos. Caracteriza-se por ter teores consideráveis de sacarose, principalmente no caso da cana queimada, e matéria mineral e vegetal (terra e pedregulhos aderidos). Apresenta a relação disforme, com a temperatura média de 39,5°C; pH na faixa de 6,0; turbidez de 185UTN; concentração de oxigênio dissolvido de 2,5 O₂ (mg l⁻¹); demanda bioquímica de oxigênio 388; considera ausência de nitrogênio; 11 (mg l⁻¹) de Potássio; e 2,2 (mg l⁻¹) de fósforo.

4.1.1 Relação DBO:N:P nas águas de lavagem

O fósforo e o nitrogênio, no tratamento biológico, têm importante papel em relação à matéria orgânica que se pretende remover. De tal modo, a relação DBO:N:P é considerada muitas vezes como indicadora da velocidade do tratamento biológico. Tem sido adotada a relação 100:5:1, como sendo necessária, para manter um balanço adequado, de matéria orgânica e nutrientes para o tratamento biológico (100mg/L de DBO, para 5mg/L de nitrogênio, para 1mg/L de fósforo).

O fósforo, na natureza, apesar de existir sempre com o mesmo estado de oxidação, apresenta grande diversidade de formas químicas. A matéria viva contém aproximadamente 2% de fósforo em peso seco. Atua como nutriente, em tratamento biológico de efluentes, precisando estar presente em quantidade suficiente para permitir o desenvolvimento de microrganismos responsáveis pelo tratamento. É utilizado para o abrandamento de águas em indústrias, visto que os sais de fosfato de cálcio e de ferro são muito insolúveis.

O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. É, portanto, essencial para o tratamento biológico de despejos. É necessário um balanço adequado de DBO:N:P (100:5:1) no efluente para o desenvolvimento dos microrganismos. Usualmente os esgotos domésticos possuem um teor suficiente de fósforo, mas este pode apresentar-se deficiente em certos despejos industriais, como no caso da água do processo de lavagem da cana de açúcar, no qual há valores ínfimos de fósforo, e de potássio, o que torna necessário uma complementação, para

atingir o balanceamento da relação, considerando o elevador teor de DBO comparando-se aos outros dois elementos.

4.2 Tratamento de efluentes de água de lavagem da cana

O controle de lançamentos de efluentes industriais nos ecossistemas aquáticos está fundamentalmente baseado nas análises físicas, químicas e bioquímicas e microbiológicas. A caracterização da qualidade de águas e efluentes é essencial à adequação de seu uso e à minimização, a partir do potencial de impacto ambiental decorrente de sua liberação no meio ambiente e do tratamento adequado.

Segundo Sewell (1978), o acréscimo de temperatura pode provocar alterações físicas, como na densidade, na viscosidade, na pressão do vapor e no oxigênio dissolvido. Tem efeitos químicos, acelerando reações químicas e bioquímicas; e efeitos biológicos, podendo se tornar letal a organismos adaptados a determinadas condições físicas.

A introdução de oxigênio na água se dá através de difusão atmosférica ou de atividade fotossintética de plantas aquáticas, posteriormente, consumido durante a decomposição aeróbia de substâncias orgânicas, oxidação de alguns compostos inorgânicos e respiração de organismos presentes no meio aquático. Em zonas de águas limpas, a concentração de oxigênio dissolvido varia durante o dia. Esta variação diurna depende da intensidade das atividades fotossintéticas e das mudanças de temperatura [PITTER, 1993].

Segundo Caiado, *et al.* (1999), quando executado em águas de rio, o teste de DBO mede as condições de poluição por matéria orgânica tanto de origens industriais como urbanas. Para Mota (2000), quanto mais elevada for a quantidade de matéria orgânica, mais oxigênio dissolvido será necessário para que os seres decompositores estabilizem a mesma. A Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é o parâmetro mais comumente utilizado na determinação da quantidade de oxigênio dissolvido consumido requerida pelos microrganismos aeróbios e facultativos no processo de estabilização da matéria orgânica biodegradável e oxidação de materiais inorgânicos, tais como sulfetos e ferro-ferroso presentes em uma amostra de água.

Como na DBO, mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais facilmente biodegradável será o efluente. Demanda química de oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Um valor de DQO alto indica uma grande concentração de matéria orgânica e baixo teor de oxigênio. O aumento da concentração de

DQO num corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industriais. Sabe-se que o poder de oxidação do dicromato de potássio é maior do que o que resulta mediante a ação de microrganismos. Na figura 4.1, o esquema elucida a degradabilidade da matéria orgânica, após o despejo de efluentes no corpo hídrico receptor.

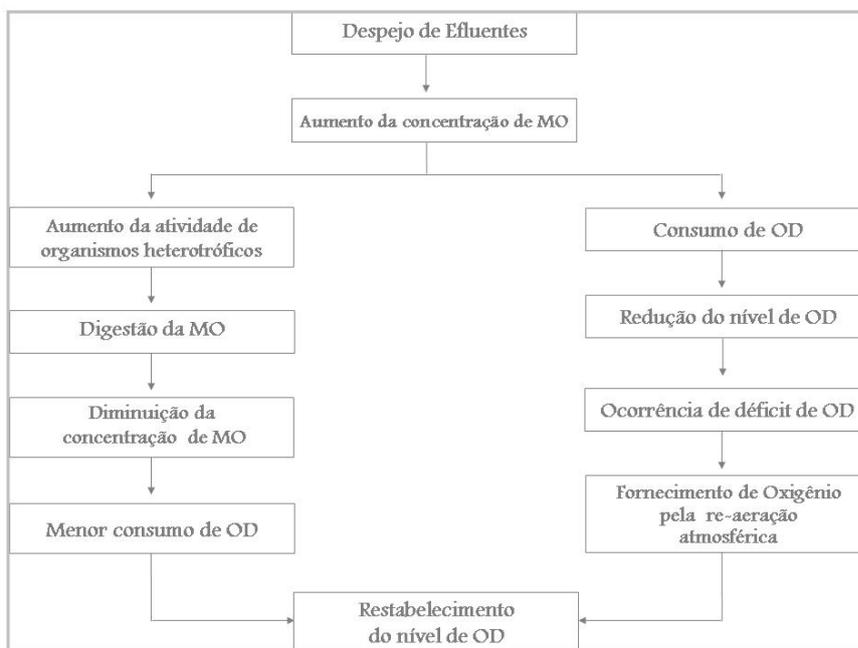


Figura 4.1: Esquema de degradabilidade da matéria orgânica

Segundo Wolmarans e Villiers (2002), citados por Perovano (2007), os efluentes de destilarias costumam apresentar valores de DQO próximos de 30g/L. E conforme Porto *et al.* (1991), citado por Perovano (2007), altos valores de DQO são indicativos de elevada carga orgânica, biodegradável ou não, consumindo oxigênio dissolvido em meio ácido, o que pode acarretar diversos problemas para os corpos receptores se o lançamento ocorrer sem tratamento prévio.

A minimização de resíduos industriais, portanto, faz parte de um novo conceito de gerenciamento de poluentes, baseado numa sistemática de medidas que visam reduzir no máximo possível a quantidade de resíduos a serem tratados ou dispostos, possuindo uma estrutura de ação fundamentada na sua prevenção e reciclagem. O melhor resíduo é aquele que não é gerado. Porém quando não se pode evitar a sua produção é preferível reutilizá-lo.

O tratamento do efluente da água de lavagem da cana-de-açúcar consiste em decantação (piscinas) e lagoas de estabilização, para o caso de lançamento em corpos d'água. O reuso se dá pela recirculação após decantação (decantadores circulares ou caixas de areia) e correção do pH entre 9 a 10. A tabela 4.1 expõe os principais efluentes líquidos observados no processo produtivo da cana-de-açúcar e seus sistemas de tratamentos.

Tabela 4.1: Efluentes líquidos da agroindústria canavieira

Efluente	Características	Tratamento
Água de lavagem de cana	Médio potencial poluidor e alta concentração de sólidos	Decantação e lagoas de estabilização para o caso de lançamentos em corpos d'água. Na reutilização, o tratamento consiste em decantação e correção de pH.
Água de multijatos e condensadores barométricos	Baixo potencial poluidor e alta temperatura (~50°C)	Tanques aspersores ou torres de resfriamento, com recirculação ou lançamento
Águas de resfriamento de dornas e de condensadores de álcool	Alta temperatura (~50°C)	Torres de resfriamento ou tanques aspersores, para retorno ou lançamento
Vinhaça e águas residuárias	Grande volume e carga orgânica e elevada	Aplicação na lavoura de cana, conjuntamente com as águas residuárias

Fonte: Elia Neto, (2005).

O Setor Sucroalcooleiro, como uma das grandes forças econômicas e de produção de bens no estado de Alagoas, muito já realizou no sentido de aprimorar e otimizar seu processo produtivo. As fábricas de açúcar e álcool, desde muito tempo, vêm desenvolvendo e implantando medidas que minimizam os impactos ambientais decorrentes de sua atividade produtiva.

4.2.1 Decantação

O tratamento primário do efluente oriundo das mesas de lavagem da cana-de-açúcar objetiva-se principalmente em remover sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes. Os efluentes fluem vagarosamente através dos decantadores, permitindo que os sólidos em suspensão, que apresentam densidade maior do que a do líquido circundante, sedimentem gradualmente no fundo. Parcela dos sólidos em suspensão sedimentados é de natureza orgânica, o que conseqüentemente resulta na redução da carga orgânica afluente ao tratamento secundário.

Os tanques de decantação podem ser retangulares ou circulares. Os sólidos sedimentados ao fundo da unidade são continuamente raspados e removidos por veículos de tração motora, pelo aporte gerado pela tipologia do efluente.

Depois de lavar a cana, a água de lavagem é recolhida embaixo das mesas e são encaminhadas, para quatro tanques de decantação que funcionam em batelada seqüencial, e limpeza diária. São quatro tanques, considera-se 1 para manutenção diária, onde é isolado a circulação para a remoção do material acumulado. O sobrenadante é enviado para irrigação do canavial, e o material sedimentado é retirado com um trator, colocado em caçambas, como pode ser observados nas figuras 4.2.

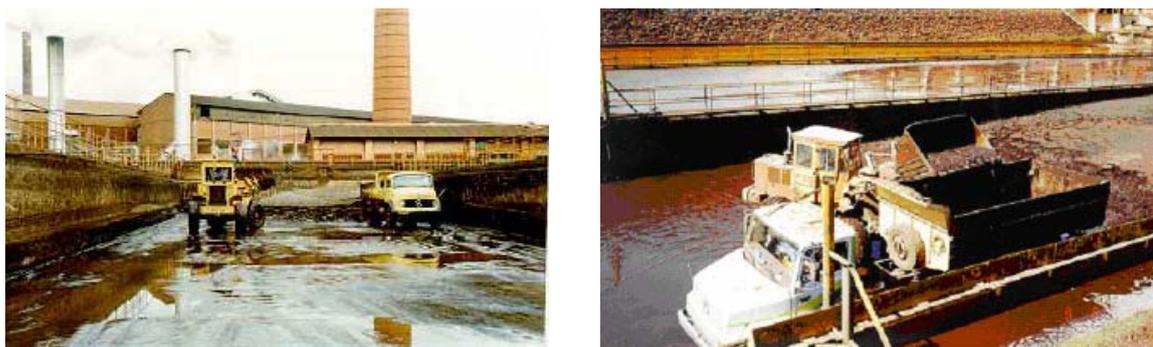


Figura 4.2: Manutenção em Piscinas de decantação

4.2.2 Lagoas de Estabilização

Os sistemas de lagoas de estabilização constituem-se na forma mais simples para o tratamento dos esgotos. São grandes tanques escavados no solo, nos quais os esgotos fluem continuamente e são tratados por processos naturais. Bactérias e algas são os seres vivos, que habitam as lagoas, coexistindo em um processo de simbiose e, desta forma, tratando o efluente através da decomposição da matéria orgânica pelas bactérias na presença ou não de oxigênio. Há diversas variantes dos sistemas de lagoas de estabilização com diferentes níveis de simplicidade operacional e requisito de área.

A lagoa anaeróbia é uma unidade de tratamento, onde a existência de condições estritamente anaeróbias é essencial, que é alcançada através do lançamento de uma grande carga de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) por unidade de volume da lagoa, fazendo a taxa de consumo de oxigênio ser várias vezes a taxa de produção. No balanço de oxigênio, a produção pela fotossíntese e pela reaeração atmosférica são neste caso, desprezíveis. Nelas ocorrem simultaneamente os processos de sedimentação e digestão anaeróbia, não havendo oxigênio dissolvido.

A conversão da matéria orgânica em condições anaeróbias é lenta, pela baixa taxa de reprodução das bactérias anaeróbias, advindo de que as reações anaeróbias geram menos energia que as reações anaeróbias de estabilização da matéria orgânica. A temperatura do meio tem uma grande influência nas taxas de reprodução da biomassa e conversão do substrato, o que faz com que região nordeste se torne propícia para este tipo de lagoa. São mais profundas, até 4,5m e reduzida área superficial. A profundidade tem importância no sentido de reduzir a possibilidade na penetração do oxigênio produzido pela superfície para as demais camadas. A lagoa anaeróbia não requer qualquer equipamento especial.

As bactérias anaeróbias decompõem a matéria orgânica em gases, sendo baixa a produção de lodo. Estas lagoas admitem cargas orgânicas elevadas, reduzindo-as em cerca de 50%, sendo, portanto comumente utilizadas como lagoa primária de uma série de lagoas.

As lagoas de estabilização aeradas são projetadas de maneira a existir oxigênio dissolvido em toda massa líquida, ocorrendo apenas o processo aeróbio, trata-se de sistema mecanizado. O oxigênio a ser utilizado no processo biológico é introduzido mecanicamente através de aeradores, ou por ar comprimido através de um difusor submerso, com a finalidade de manter a concentração de oxigênio dissolvido em toda ou parte da massa líquida, garantindo as reações bioquímicas que caracterizam o processo.

A remoção do DBO é função do período de aeração, da temperatura e da natureza do esgoto. O despejo de efluente industrial deve ser controlado para não prejudicar a eficiência do processo. Os sólidos dos esgotos e as bactérias sedimentam, indo para o lodo do fundo, ou são removidos em uma lagoa de decantação secundária. O processo tem baixa produção de maus odores, sendo a eficiência na remoção de DBO de 70 a 90% e na eliminação de patogênicos de 60 a 99%. Requerem menos área do que os sistemas naturais, porém ocupam mais espaço que os demais sistemas mecanizados. O consumo de energia já é razoavelmente elevado. Em períodos entre 2 a 5 anos é necessária a remoção do lodo da lagoa de decantação.

4.3 Legislação

A legislação é a primeira condicionante para um projeto de uma estação de tratamento de efluentes industriais. A resolução CONAMA nº 357/05 dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluente, e qualidade da água seguindo diversos parâmetros. Para águas doces da Classe 2, segue os seguintes parâmetros estabelecidos na legislação, na qual foi embasado o presente estudo por não existir aplicabilidade do instrumento de enquadramento nos rios de Alagoas até o momento.

Os parâmetros para controle da carga orgânica são aplicados de forma muito diferente, entre alguns Estados. No Estado do Rio de Janeiro a avaliação é feita utilizando-se os parâmetros DBO e DQO. Em relação à DBO a eficiência está diretamente ligada à carga orgânica em duas faixas: até 100kg DBO/d 70% e acima de 100kg DBO/d 90%. E em relação à DQO o controle é realizado por concentração existindo uma tabela na qual a tipologia da indústria é o indicador.

No Estado do Rio Grande do Sul as concentrações de DBO e DQO variam inversamente com a carga orgânica. Sendo assim quanto maiores, as cargas orgânicas, menores são as concentrações permitidas para lançamento. Nos outros Estados o conceito é o mesmo do CONAMA 357 sendo a carga orgânica controlada apenas no corpo receptor.

A tabela 4.2 explicita um resumo dos limites de alguns parâmetros na legislação vigente em Estados brasileiros, legislação federal, e cita também os padrões empregados no Canadá e em Porto Rico.

Tabela 4.2: Relação de legislações e seus padrões de lançamento de efluentes

Legislação	Padrões de Lançamentos					
	DBO		DQO (mg/l)	SS (mg/l)	pH	
	Conc. (mg/l)	Efic. min. (%)				
Ontário/Canadá	300				5,5-9,5	
Toronto/Canadá					6,0-10,5	
Porto Rico	250				6,5-9,0	
NBR 9800/87		~		20	6-10	
CONAMA 357/05		~	8	ausentes	5-9	
AL (1985)	60	~	150	~	~	
MS (1997)					~	
GO (1978)					~	
SP (1976)		80	~		~	5-9
PB (1988)						
SC (1981)						
MG (1986-2001)		85/60	90		100/60	6,5-8,5
ES (1991)	~	~	200	100	6-9	
RS (1989)	Variável 120/20	~	Variável 360/100	Variável 120/40		
Temperatura	< 40°	Variação do corpo receptor não exceder 3°				

4.4 Termo de Ajuste de Conduta

A central Açucareira foi acionada a cumprir um TAC, termo de ajuste de Conduta. Instrumento administrativo, utilizado pelos órgãos públicos, em especial o Ministério Público, para realizar acordos entre este, órgão fiscalizador e garantidor da preservação de conservação do direito transindividual, e aquele que está causando algum prejuízo ou na iminência de causar contra o meio ambiente.

Este termo de conduta é considerado um título executivo extrajudicial, de forma que o agente causador do dano admite ter consciência da ofensa que está praticando contra o meio ambiente, e se comprometendo a, num espaço de tempo pré-estabelecido no próprio termo, deixar de causar dano ou recuperar o meio ambiente à sua forma original, de maneira que aquilo que está determinado no artigo 225, da Constituição Federal atual, "todo cidadão tem direito a um meio ambiente saudável e ecologicamente equilibrado", seja perfeitamente cumprido.

Caso o agente provocador do dano não venha a cumprir ao que fora determinado no termo de ajustamento, o órgão público responsável terá o dever de executar diretamente o ofensor, de modo que não se faz mais necessário o reconhecimento do direito, pelo processo de conhecimento, para poder exigir o cumprimento do acordo, uma vez que o

termo de ajustamento possui a característica de título executivo. O agente provocador então será submetido a penalidades dispostas tanto no próprio termo de acordo, quanto as penalidades previstas pelo Juiz. Desta forma, o tempo demandado para que o ofensor ao meio ambiente deixasse de agredir o bem ambiental foi praticamente reduzido pela metade, garantindo, assim, maior possibilidade de recuperação do ecossistema à sua forma original.

Diante da constante de lançamento de efluentes líquidos no corpo hídrico fora dos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357, acordou-se a adequabilidade dos lançamentos, de modo que se tenha uma evolução decrescente, até chegar abaixo do limite máximo, para findar o TAC com a obtenção da outorga do direito de uso dos recursos hídricos para fins de captação e de lançamento, que hoje é um requisito para protocolar o processo de obtenção de licenciamento ambiental junto ao órgão responsável no estado de Alagoas, IMA, Instituto de Meio Ambiente.

A Central Açucareira Santo Antonio protocolou o processo de pedido de outorga de direito de uso de recursos hídricos para captação cuja destinação seria a lavagem da cana de açúcar, em 2006, anterior ao TAC, e obteve êxito no pedido de outorga em 2009.

Finalizando então o processo com a publicação da portaria 630 de 05 de maio de 2009, que concede a usina a Outorga na modalidade autorização de uso, para captação superficial, no rio Santo Antônio, no entorno das coordenadas UTM 25L 218.258m Leste e 8.972.988m Norte, para uma vazão de 4.500m³/h (1250,00L/s), durante 24h/dia, nos meses de setembro a março. Cujas finalidades são o abastecimento industrial, na localidade Fazenda Santo Antônio, no município de São Luis do Quitunde, Estado de Alagoas. Estabelece o prazo de 04 (quatro) anos, de validade. Podendo ser suspensa parcial ou totalmente, caso sejam descumpridas as condições estabelecidas na Portaria N°630/2009.

Os demais itens do TAC estão em vias de cumprimento, objetivando atingir todas as metas para regularização da unidade industrial. Os padrões de lançamento alcançando os desejados, em seguida serão solicitados a outorga para o lançamento de efluentes e subseqüentemente a regularização quanto a Licença Ambiental

05. A USINA SANTO ANTÔNIO E O RIO SANTO ANTÔNIO GRANDE

*“Na natureza nada se cria, nada se perde,
tudo se transforma”.*

Antoine Lavoisier

A Central Açucareira Santo Antônio S.A, cuja unidade matriz a Usina Santo Antônio, localiza-se no município de São Luís do Quitunde, dentro da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, que tem área correspondente a 929,0km². É deste manancial que a Usina retira água para o processo de produção de açúcar e álcool. A figura 5.1 localiza a área de estudo, no nordeste do estado de Alagoas.

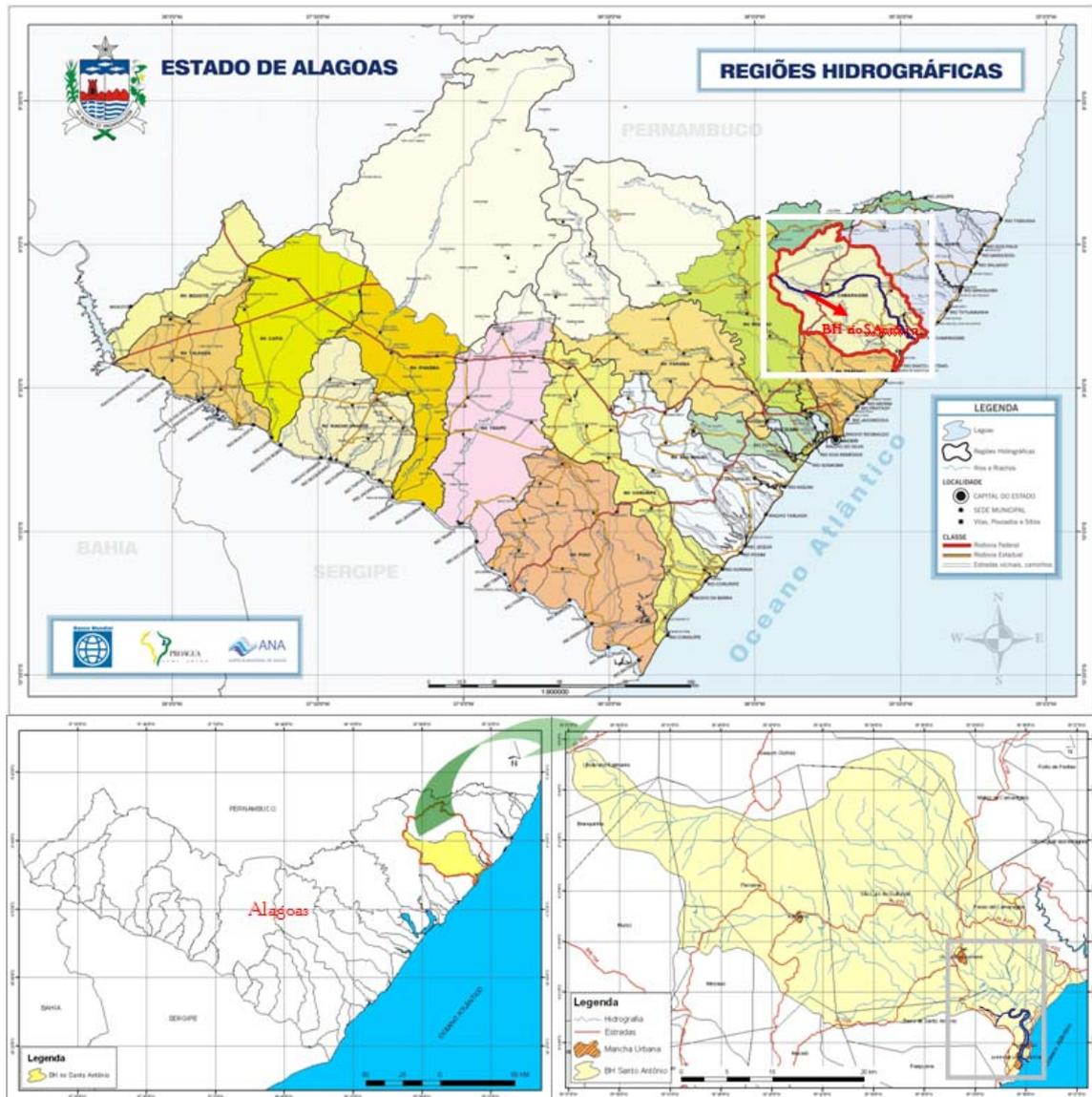


Figura 5.1: Localização da área de estudo.

A região possui dois períodos hidrológicos bastante distintos: o de estiagem e o período úmido. A variação sazonal da precipitação reflete diretamente na quantidade de água disponível nos corpos d'água, portanto é considerado um fator climático de extrema importância porque interfere na capacidade de diluição de um determinado poluente.

A região tem uma amplitude de precipitação média que vai de 1.250 a 2.200mm anuais. Na figura 5.2 verifica-se a precipitação média mensal dos anos de 1973 e 2007. Teoricamente, estas médias seriam suficientes para o desenvolvimento de uma agricultura

dependente de chuva. Entretanto, quando se observa, a distribuição média mensal, vê-se que há uma escassez de chuvas nos meses que vai de setembro a fevereiro, o período de moagem, a safra. Estes dados mostram a necessidade de irrigação suplementar. Logo a seguir, a figura 5.3 expõe distribuição da pluviosidade nos meses de 2007 e 2008, com 2.077 e 2.420mm, respectivamente, distribuídos ao longo do ano.

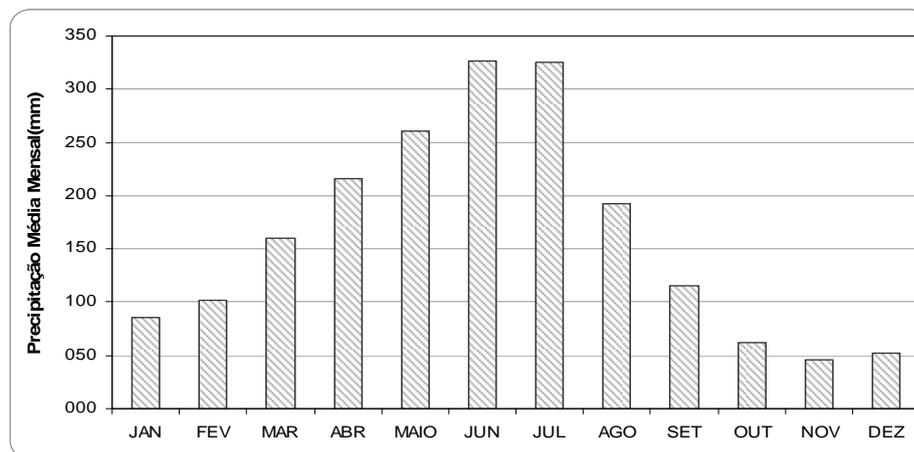


Figura 5.2: Precipitação Média
Fonte: Pluviômetro da Usina Santo Antônio (1973-2007)

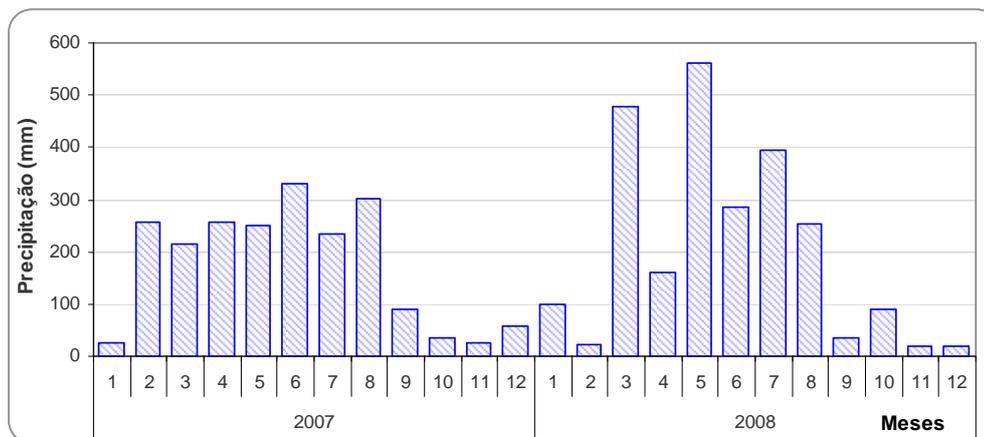


Figura 5.3: Precipitação Mensal (2007-2008)
Fonte: SEMARH - Usina Santo Antônio

5.1 Central Açucareira Santo Antônio

Localizada no litoral norte alagoano, a Central Açucareira Santo Antônio S.A (constituída pela usina Santo Antônio, figura 5.4, e pela usina Camaragibe) foi fundada em 1957. A Central Açucareira Santo Antonio S.A tem capacidade para moer cerca de 2 milhões toneladas de cana por safra. Além de produzir açúcar para exportação e para o mercado interno, bem como álcool combustível e para uso industrial, vende o excedente de energia elétrica de 15,0MW. Tem a peculiaridade de ser a única usina alagoana a produzir

álcool extra Neutro, próprio para fabricação de bebidas e cosméticos. Sua produção alcooleira é destinada não somente ao mercado interno como também à exportação.



Figura 5.4: Usina Santo Antônio – Matriz de Camaragibe
Fonte: Central Açucareira Santo Antônio S.A.

Nas Usinas de açúcar e álcool, o processamento da cana é feito com uso intenso de água, energia térmica e eletromecânica, cuja fonte principal provém da queima, nas caldeiras, do próprio bagaço de cana. Durante a safra, a Usina Santo Antonio é autônoma na geração da energia elétrica consumida. Secundariamente, são empregados reativos químicos/biológicos como: soda cáustica, cal, ácidos e leveduras. Como resultado do processo, é produzido: açúcar, álcool, proteínas de levedura, além de toda uma série de resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

A Usina tem 1.200 colaboradores na área industrial e administrativa e outros 5.000 colaboradores nas atividades de campo. A produção de açúcar na safra 2008-2009 foi de 3,80 milhões de sacos de açúcar e de 61 milhões de litros de álcool, tendo sido processado 2,035 milhões de toneladas de cana-de-açúcar. Além disto, foram co-gerados 71.000MWh de bioeletricidade.

A produção de açúcar é uma das mais representativas de Alagoas. Além de produzir o açúcar VHP para exportação também produz o açúcar Cristal para o mercado interno, cujas características são:

- ⊗ **Cristal:** Usado normalmente para o consumo direto, o açúcar Cristal consiste em cristais em que a sacarose está presente em alto grau de pureza; não tem adição de corantes ou aromatizantes, mas em seu processo de fabricação o caldo da cana tem adição de flocculantes para melhorar a sua clarificação.
- ⊗ **VHP:** Este açúcar consiste em cristais de sacarose com um filme aderente de mel. Tem cor e aparência amarelada, não tem adição de corantes ou aromatizantes e, geralmente, não é usado para consumo direto.

Na produção de Álcool, a usina destaca-se pela certificação com a ISO 9001/2000, desde março de 2006, produz também um Álcool Extra Neutro. Os tipos de álcool produzidos pela Central Açucareira Santo Antonio S.A. são:

- ⊗ **Hidratado Carburante:** usado como combustível e vendido diretamente às distribuidoras.
- ⊗ **Industrial:** produto normalmente exportado e utilizado para fins industriais.
- ⊗ **Extra Neutro:** É o álcool etílico hidratado, refinado e destilado mais de uma vez. Devido ao processo, este produto não contém alcoóis superiores, nem contaminantes. É destinado como matéria-prima na fabricação de bebidas como vodka e conhaque; também é usado para as indústrias farmacêuticas e de cosméticos. É vendido para o mercado interno do Nordeste e exportado para diversos países, através do terminal de Maceió.

Em 2000, por intermédio da empresa controlada Central Energética Jitituba, a cogeração de energia elétrica de 15MW, o que permitiu à empresa incluir a produção e venda de energia à sua cadeia de produtos. Na produção de energia elétrica, criada a partir do aproveitamento da queima do bagaço da cana, a Central Energética Jitituba atuou de 2003 a 2007 como uma usina de energia em fase experimental. Desde setembro de 2007, passou a produzir e comercializar energia em caráter de grande escala. Em novembro de 2007, foi autorizada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) a operar como uma Termoelétrica.

5.2 Rio Santo Antônio Grande

Todo o sistema fluvial do rio Santo Antônio deságua no Oceano Atlântico. O padrão de drenagem é do tipo dendrítico, um regime hidrográfico caracterizado por uma infinidade de afluentes e subafluentes, comum em regiões de calmas tropicais com chuvas abundantes. Seus principais afluentes são os rios: da Cachoeira, Santo Antonio, Barreiro ou Grota Grande, Jitituba, Bandeira e das Piabas.

5.2.1 Pontos de Controle

Para a realização desta pesquisa foi estabelecida uma rede monitoramento de vazões e de qualidade de água, seguindo os pontos pré-determinados pelo TAC, que foram ajustados para adaptação locacional. Os pontos de controle de qualidade de água no rio Santo Antônio e o rio Jitituba, um dos seus afluentes, para o estudo em análise, estão apresentadas na tabela 5.1.

Tabela 5.1: Pontos de Controle no Rio Santo Antônio

Pontos	Localização	Lat.	Long.
1	Rio Santo Antônio, Fazenda Sacramento (montante)	217248	8975278
2	Rio Santo Antônio, Captação da Usina S.A.	218309	8972913
3	Rio Santo Antônio, Povoado Santo Inácio	218508	8971473
4	Rio Santo Antônio, Povoado Quitunde	218644	8969948
5	Rio Jitituba, Povoado Lagoa Vermelha	220969	8965612

A figura 5.5 apresenta a localização espacial dos 5 pontos referidos acima. O ponto 2 representa a Usina Santo Antônio, o ponto 1 o de montante, o ponto 02 o de jusante.

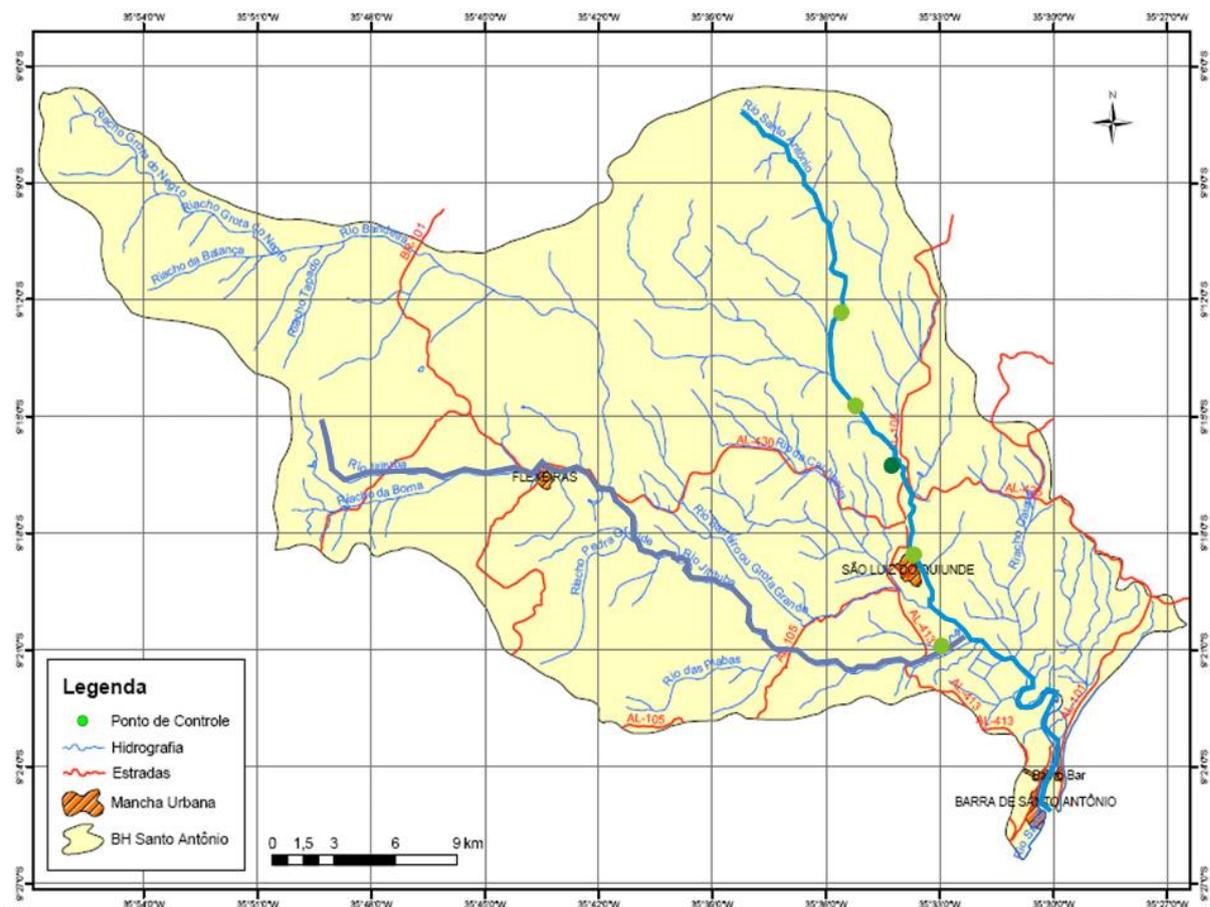


Figura 5.5: Localização dos pontos de controle

5.2.2 Vazões

Dentro das ações desta dissertação, ocorreram medições regulares de nível de água e de vazões nos rios Santo Antônio e Jitituba. Os locais de medição foram escolhidos pela facilidade de acesso. O método de cálculo da vazão consistiu de utilização de molinete e de batimetria da seção transversal, além de instalação de régua fixa na seção de controle. Na figura 5.6 está apresentada a variação diária do rio Santo Antônio, na seção da Fazenda Sacramento. Observa-se que o verão seco ocasionou uma gradual e persistente redução do nível da água no rio Santo Antônio, e, conseqüentemente, de suas vazões. Ao final do mês de dezembro de 2008, a vazão já era de apenas $2,1\text{m}^3/\text{s}$ ($7.560\text{m}^3/\text{h}$).

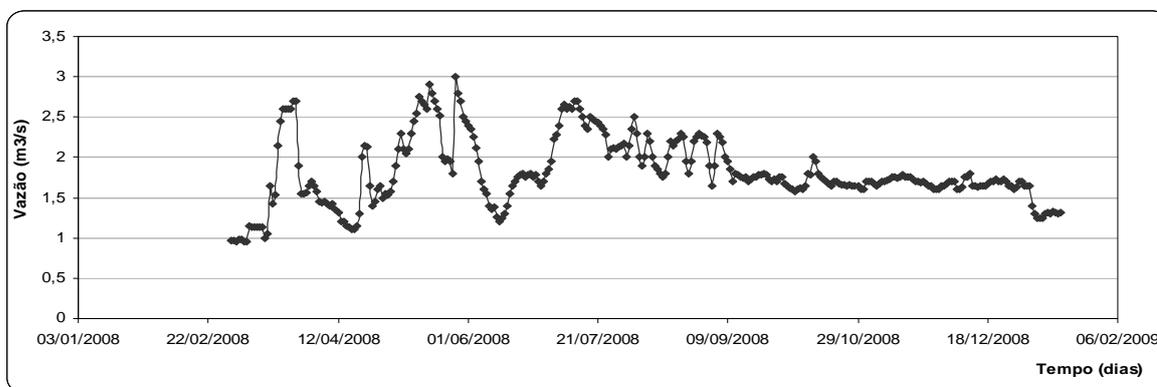


Figura 5.6: Vazão do rio Santo Antônio, na Fazenda Sacramento.

A figura 5.7 apresenta a variação de vazão do rio Jitituba, na proximidade do Povoado Lagoa Vermelha. Os reflexos de um verão seco são observados pela diminuição progressiva das vazões. No começo safra, no início de setembro, o rio tinha vazão de $4,00\text{m}^3/\text{s}$. Ao final de dezembro, a vazão caiu para $1,80\text{m}^3/\text{s}$. As pequenas bacias que caracterizam os rios Santo Antônio e Jitituba acentuam o efeito da ausência de chuvas sobre a ocorrência de vazões mínimas. Em termos ambientais, a diminuição das vazões inibe a diluição das águas servidas pelos diversos usos presentes na região do rio Santo Antônio Grande.

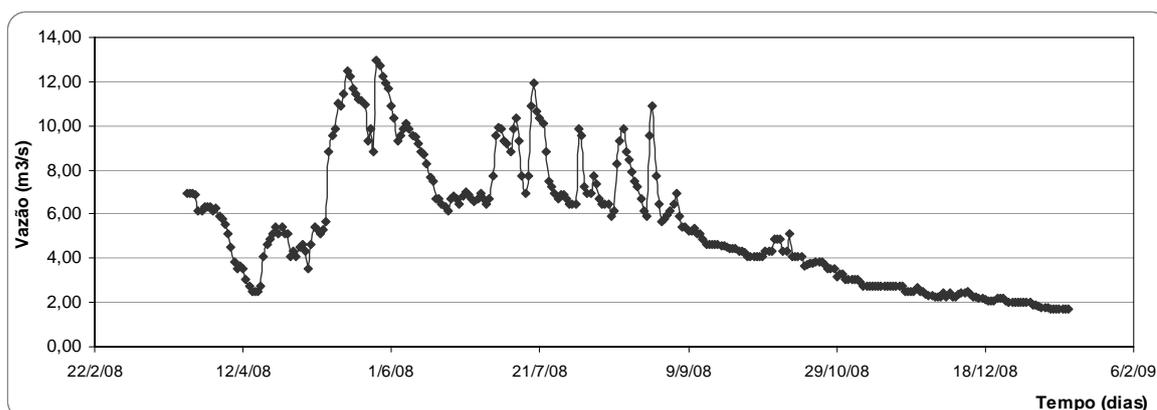


Figura 5.7: Vazão do rio Jitituba, na Lagoa Vermelha.

5.2.3 Oxigênio Dissolvido

Na medição realizada em 22 de dezembro de 2007, mediu-se OD do rio Santo Antônio (figuras 5.8 e 5.9), o primeiro ponto foi verificado na foz, junto ao oceano Atlântico, cuja interferência da cunha salina é relevante, considerando o nível de saturação ao nível do mar, este ponto mostrou-se muito abaixo, com apenas 2,0mg/l, o que mostra as interferências antrópicas a montante, núcleos urbanos, unidades industriais, e área agriculturável. O valor do OD ultrapassa a 5,0mg/l no ponto localizado próximo a confluência com o rio Jitituba, explicita a influência da contribuição da grande vazão que o rio possui, não caracterizando uma autodepuração do corpo hídrico, mas a diluição da sua água. No último ponto tem-se 4,0mg/l de OD, o que retrata ao longo do Rio Santo Antonio um baixo OD significando uma deterioração do corpo hídrico agravada pelas ações antrópicas.

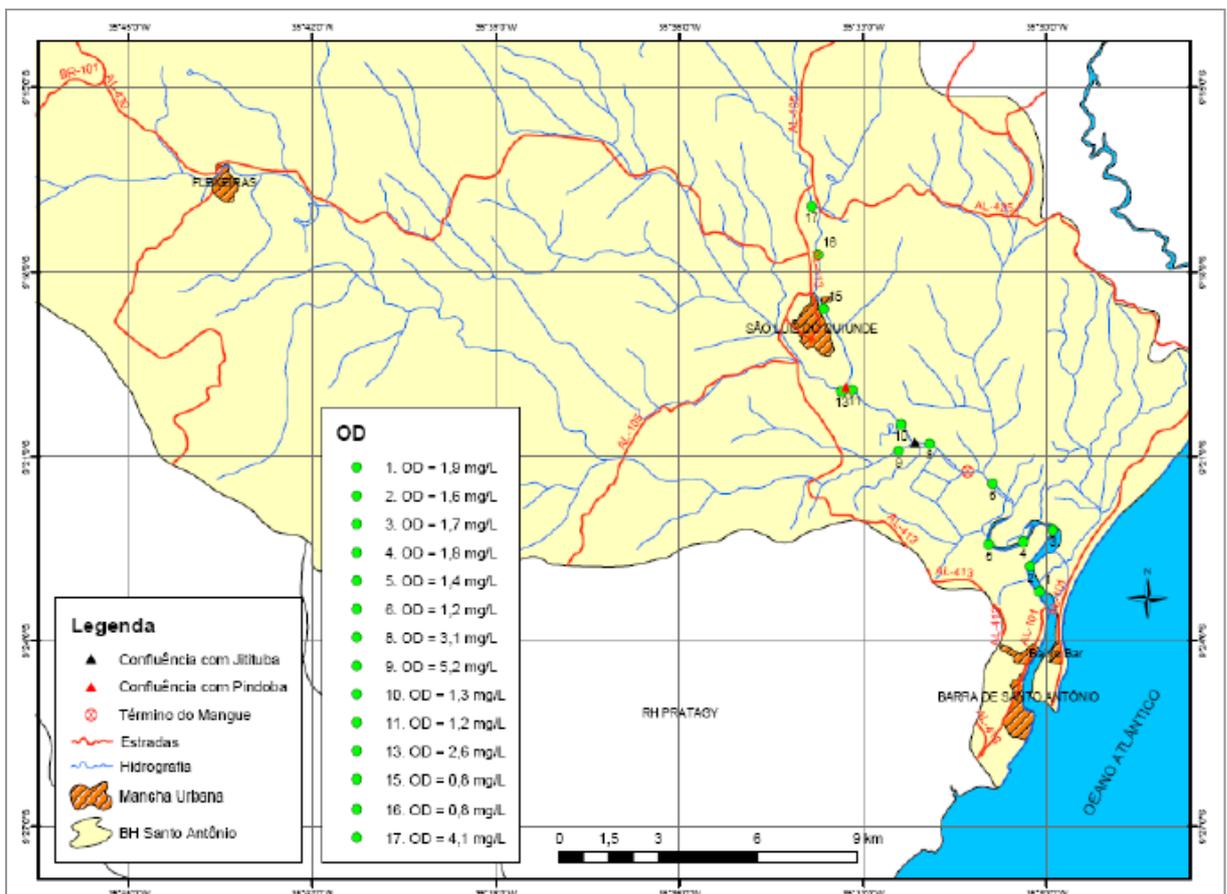


Figura 5.8: Verificação de OD, em 22 de dezembro de 2007.

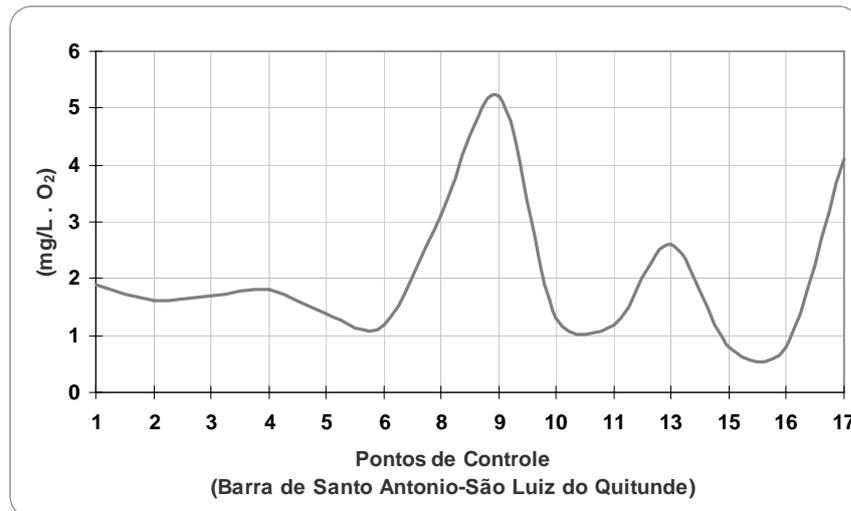


Figura 5.9: Perfil de OD no Rio Santo Antônio em 22.12.2007.

5.3 Sistema de tratamento de efluentes da usina Santo Antônio

O efluente líquido destinado ao sistema de tratamento é derivado da lavagem da cana de açúcar, antes de entrar no processo industrial, que está estocada ou diretamente descarregada do caminhão recém chegado do campo, é lançada em duas esteiras inclinadas onde água retira o material particulado que vai agregado da lavoura. As figuras 5.10 e 5.11 representam o sistema de lavagem no qual uma esteira utiliza a água vinda direto da captação e a outra funciona com a água recirculada do sistema de tratamento, que retorna parcialmente a lavagem após a saída das piscinas de decantação e, ainda água das colunas barométricas. A parcela que não retorna ao sistema de lavagem segue direto para as lagoas de estabilização.



Figura 5.10: Esteira de Lavagem da cana-de-açúcar



Figura 5.11: Lavagem com água recirculada

O sistema de tratamento de efluentes da Usina Santo Antônio foi monitorado, conjuntamente com pontos a montante e a jusante, em 7 pontos amostrais: 1) captação da

Usina no rio Santo Antônio, a montante; 2) entrada da piscina de decantação; 3) saída da piscina de decantação; 4) saída da 1ª Lagoa; 5) saída da 2ª Lagoa; 6) saída da 3ª Lagoa; 7) Povoado Santo Inácio, a jusante da Usina Santo Antônio. O sistema de tratamento está ilustra esquematicamente na figura 5.12, desde a captação do afluente até o descarte do efluente gerado. As figuras 5.12, 5.13, 5.14, 5.15 exibem alguns dos pontos apresentados no esquema e o sistema de resfriamento, que é lançado diretamente o efluente das dornas.

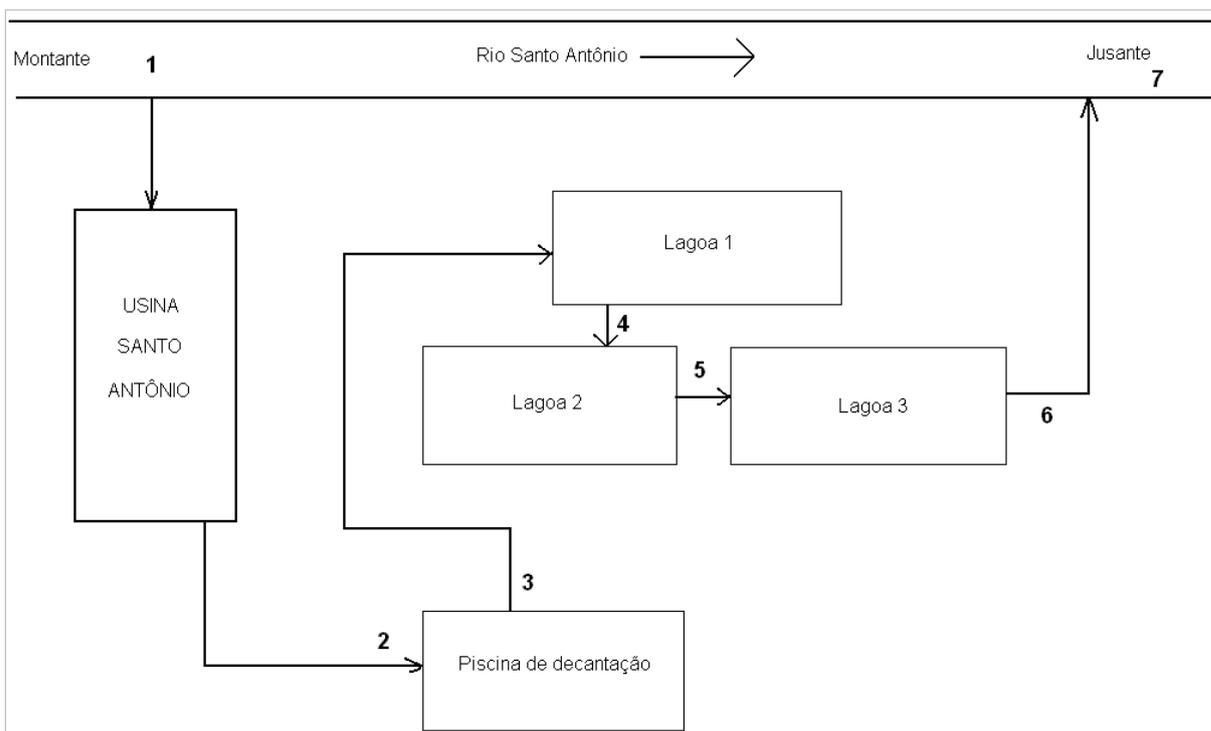


Figura 5.12: Desenho esquemático do tratamento de efluentes da Usina Santo Antônio.



Figura 5.13: Lagoa 1 - Anaeróbia



Figura 5.14: Lagoa 2 - 4 aeradores de superfície



Figura 5.15: Lagoa 3 - 3 aeradores de superfície



Figura 5.16: Sistema de resfriamento

5.4 Caracterização espaço-temporal

Em cada ponto amostral foram realizados registros diários dos seguintes parâmetros: OD, DBO, pH, temperatura e turbidez. As análises diárias foram realizadas no laboratório de controle de Efluentes Líquido da Usina Santo Antônio. Também foram realizados registros de periodicidade mensal no Laboratório Central Analítica, com os seguintes parâmetros: DQO, DBO, nitrato, amônia, fósforo, sulfato, cor, turbidez, Sólidos Totais, Sólidos Totais Dissolvidos e Sólidos Totais Sedimentáveis para acompanhar o cumprimento do TAC. Para a elaboração do presente estudo foram utilizados os dados de DBO, DQO, temperatura, pH e OD, obtidos na safra 2008/2009.

A variação dos parâmetros de OD, pH e temperatura, para entendimento da representação das informações contidas nos gráficos, convém observar os seguintes elementos, os lados superiores e inferiores do quadrado interno ao gráfico contêm o desvio padrão da amostra. A linha cinza no meio do quadrado ilustra o valor médio da variável, já os símbolos superiores e inferiores representam os valores máximos e mínimos encontrados.

5.4.1 Temperatura

Observa-se que no mês de outubro de 2008, a temperatura a montante da Usina alcançou 31 °C. Em janeiro de 2009, variou próximo a 27,8 °C. Pelo gráfico, observa-se que a temperatura da água sobe paulatinamente ao longo da safra. Tal fenômeno decorre da entrada do verão.

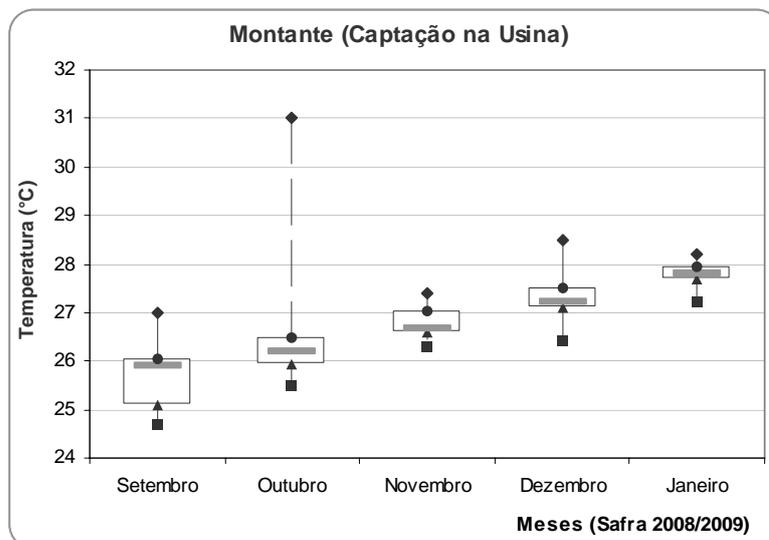


Figura 5.17: Variação mensal da temperatura na entrada do sistema

Na saída das piscinas de decantação, as medidas de temperatura apresentam variação da ordem de 5°C, e vai decaindo no decorrer da safra, conforme pode ser observado na figura 5.18.

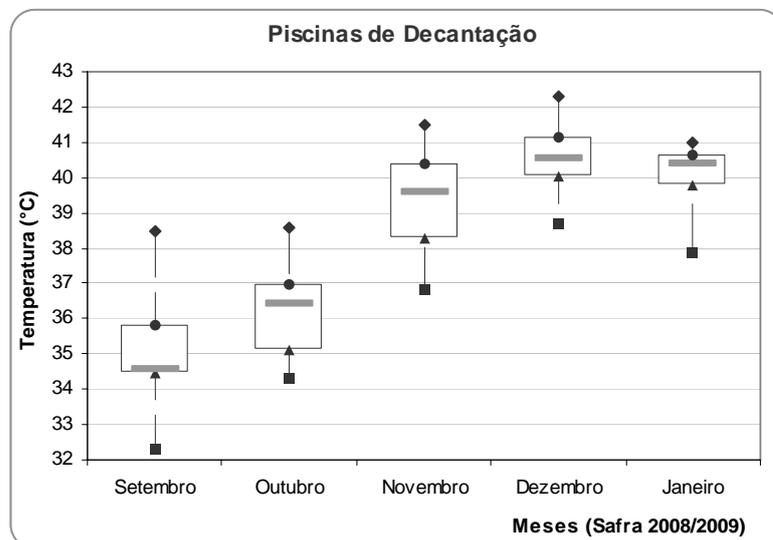


Figura 5.18: Variação mensal da Temperatura na saída das piscinas de decantação.

Nas Lagoas 1 e 2 têm-se variação de temperatura da ordem de 6°C, com redução desta variação com o caminhar da safra (figuras 5.19 e 5.20). Estas águas apresentam temperaturas deste valor, pois no seu sistema fechado de águas, a Usina Santo Antônio usa parte das águas das colunas barométricas para a lavagem da cana-de-açúcar. Em última etapa, estas águas passam pelo sistema de piscinas de decantação. A outra parte das águas das colunas barométricas segue para o spray para resfriamento, não passando pelas piscinas de decantação.

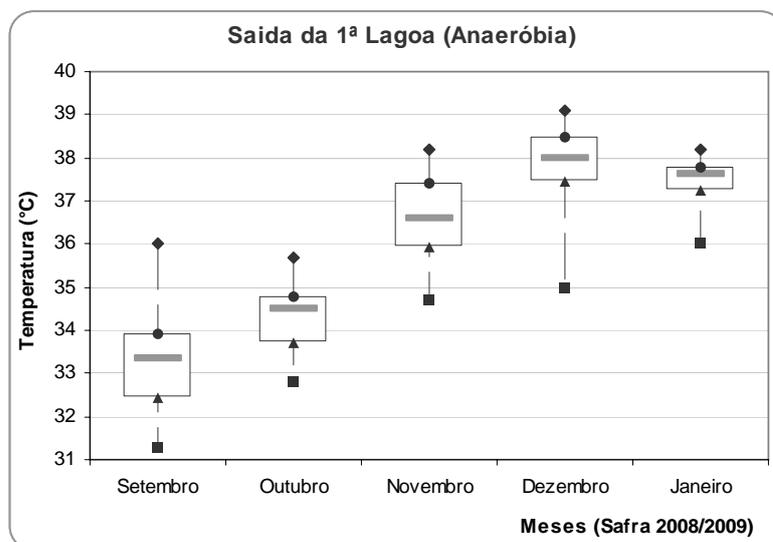


Figura 5.19: Variação mensal da Temperatura na 1ª Lagoa.

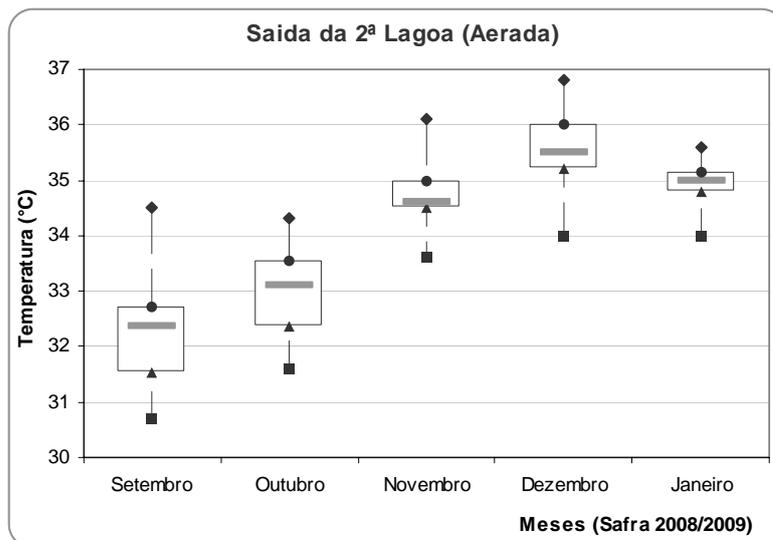


Figura 5.20: Variação mensal da Temperatura na 2ª Lagoa.

A figura 5.21 apresenta a variação da temperatura da água no Povoado Santo Inácio, localizado a jusante da Usina Santo Antônio. Observa-se que após o lançamento a variação acompanha a ascendência ocasionada pelo aumento da temperatura do ar na estação mais quente, o verão, conforme foi verificado no ponto a montante da captação.

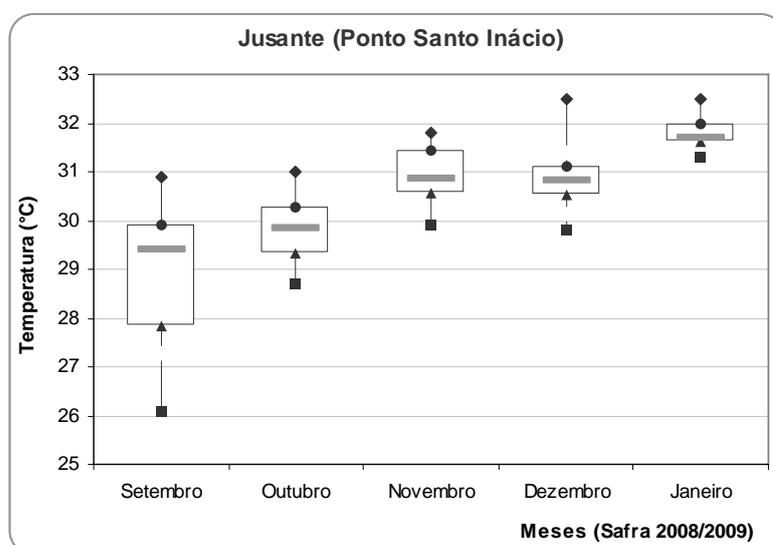


Figura 5.21: Variação mensal da temperatura a jusante do sistema.

Convém ressaltar que mesmo no mês de janeiro, onde a temperatura oscilou em torno de 31°C, a Usina Santo Antônio atendeu o disposto na resolução do CONAMA 357, que estabelece um aumento máximo de 4°C, entre as águas a montante e jusante de diluição de efluentes, como pode ser observada na figura 5.22.

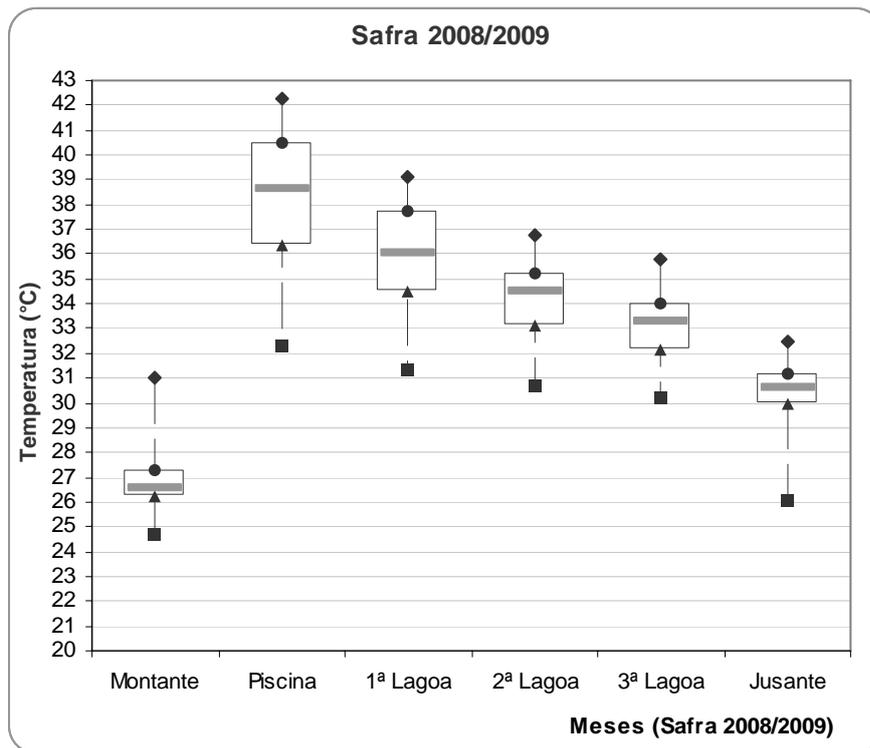


Figura 5.22: Variação na Safra 2008/2009 da Temperatura.

5.4.2 Oxigênio dissolvido

Ao longo da safra 2008/2009, a montante da Usina Santo Antônio, o OD do rio apresenta-se com valor médio de 6,5mg/L (figura 5.17). Depois de captada pelo sistema industrial, a água de lavagem chega nas piscinas de decantação com níveis reduzidos de OD, próximo de 2,0mg/L.

A principal matéria orgânica das águas de lavagem é o carboidrato, na forma de açúcares. Esta presença de açúcares nas águas de lavagem, indesejada para o processo industrial, responde pela redução do teor de oxigênio nas piscinas de decantação. Como esperado para as Lagoas 1 e 2, os teores de oxigênio nestas é baixo, caracterizando a fase anaeróbia do tratamento. Na saída da 3ª e última lagoa, encontram-se níveis de OD semelhantes ao dos efluentes que entraram no sistema de tratamento.

O efluente ao ser lançado no corpo hídrico mistura-se às águas do rio Santo Antônio e alcança valores médios de 2,4mg/L, com valores máximos de 5mg/L, conforme expõe a figura 5.23. Se comparado com os dados da safra 2007/2008, observa-se uma grande evolução na qualidade dos efluentes da Usina Santo Antônio. Os dados apresentados na figura 5.23 é a demonstração do progresso que a Usina Santo Antônio alcançou na safra 2008/2009, para melhoramento da qualidade do efluente lançado.

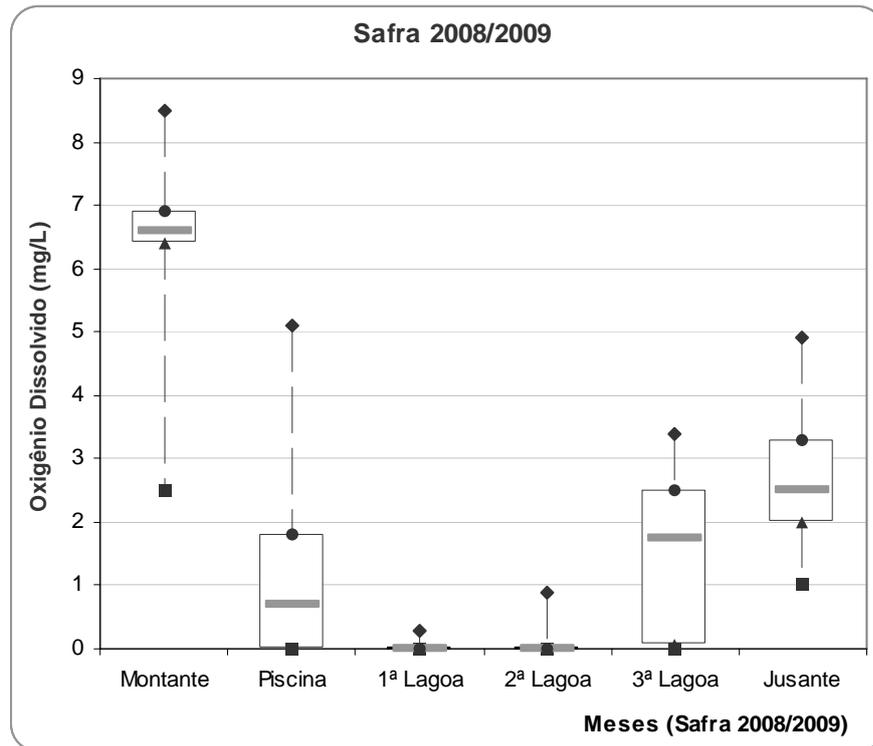


Figura 5.23: Variação na safra 2008/2009 do OD no sistema de tratamento completo.

No ponto a montante da captação é visível que o corpo hídrico encontra-se dentro dos limites estabelecidos na CONAMA 357/05 para águas de classe 2, com valores acima de 5mg/L de OD. Tendo dois picos mínimos em outubro e janeiro, quando 2,6 e 2,5mg/L, respectivamente, (figura 5.24). Entretanto, atingiu o pico máximo de 8,5 no último mês de acompanhamento.

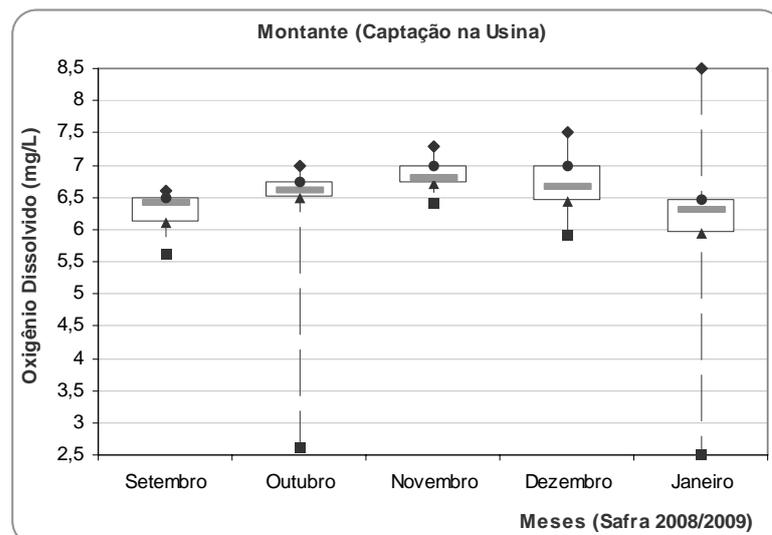


Figura 5.24: Variação mensal de OD na entrada do sistema.

Na saída das piscinas de decantação, o teor de oxigênio dissolvido reduz-se ao longo da safra. No início de setembro de 2009, o teor de OD era de 2,8mg/L. No mês de dezembro já atingia o valor de 0,4mg/L. A figura 5.25 sumariza estas constatações.

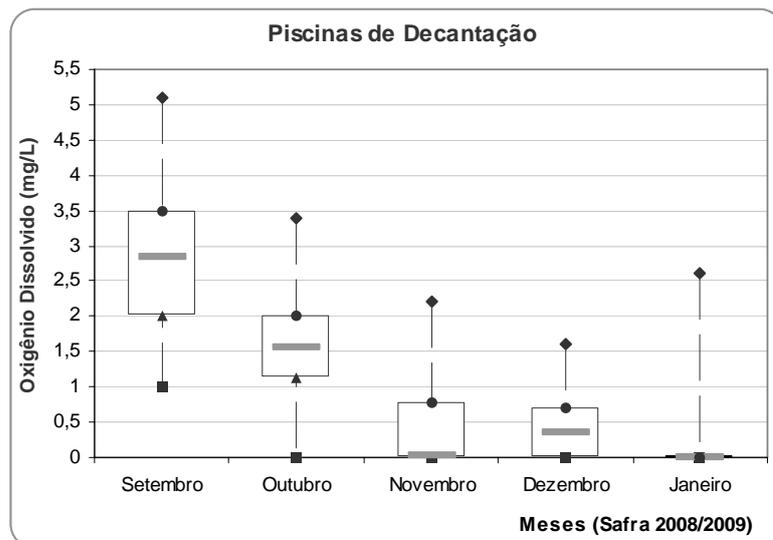


Figura 5.25: Variação mensal de OD nas piscinas de decantação.

Na figura 5.26 está ilustrada a variação do teor de oxigênio a jusante da Usina Santo Antônio. O gráfico é auto-explicativo e ilustra que em dezembro de 2008, quatro meses depois da safra iniciada, o teor de OD teve valor médio de 2mg/L e valor máximo de 3,3mg/L. Em janeiro, os baixos valores, decorrem do início da operação das novas lagoas. Nos meses de fevereiro e março de 2009, estes valores gradativamente atingirão o nível alcançado em dezembro de 2008, conforme for atingindo uma adaptação do meio.

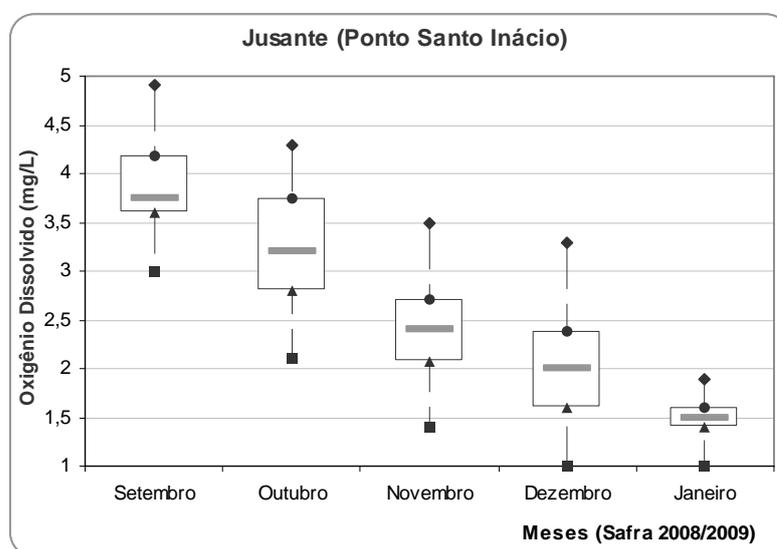


Figura 5.26: Variação mensal de OD a jusante do sistema.

Comparando estes valores da safra 2008/2009 com os da safra 2007/2008, observa-se a inequívoca evolução do teor de OD nas águas do rio Santo Antônio a jusante da Usina Santo Antônio (figuras 5.27 e 5.28). Esta elevação de OD foi diariamente sentida pela população que utiliza o rio Santo Antônio para suas atividades econômicas, de subsistência ou de lazer pela suavização do odor.

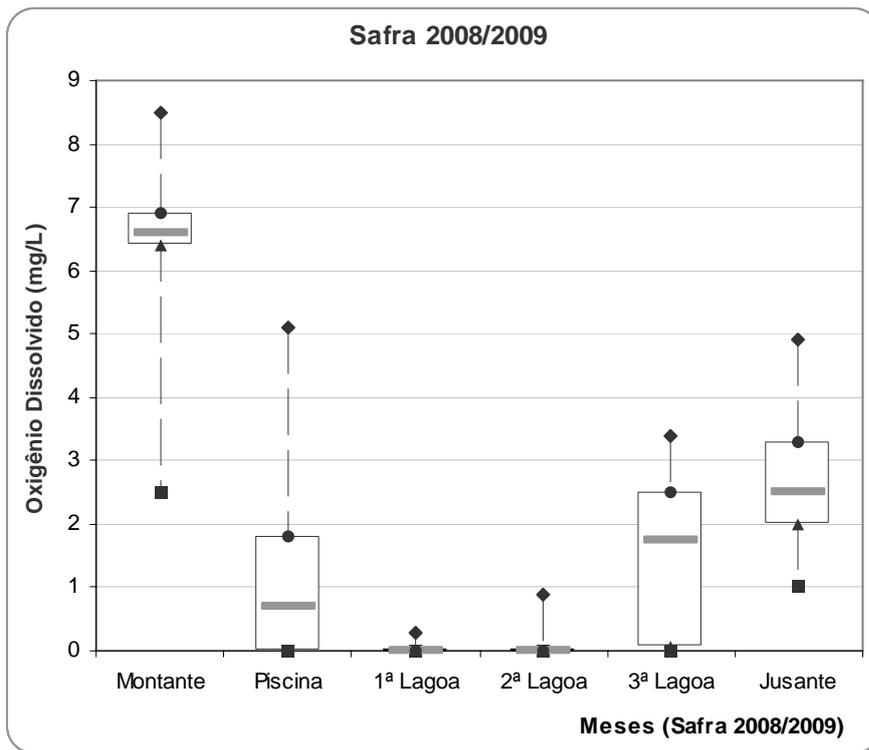


Figura 5.27: Variação na Safrá 2008/2009 de OD no sistema de tratamento completo

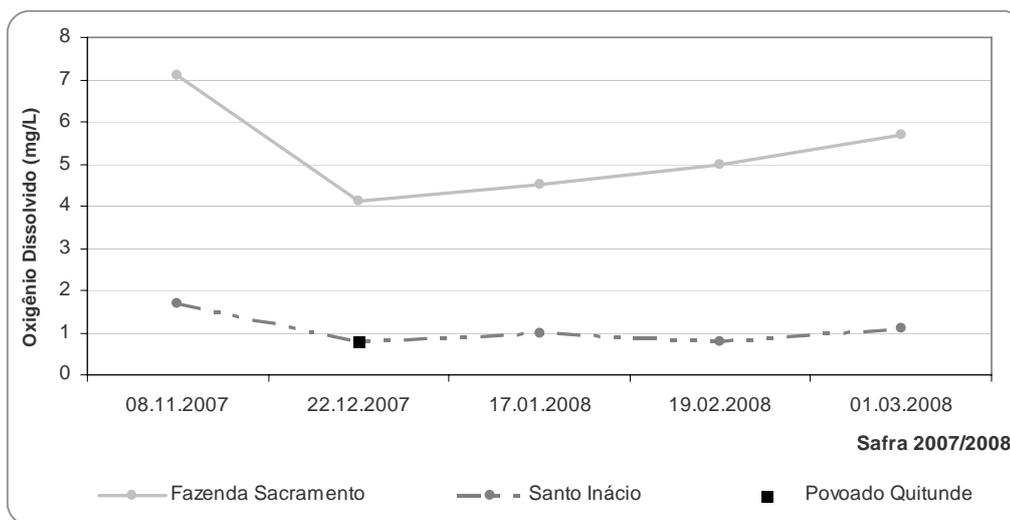


Figura 5.28: OD nos pontos a Montante e a Jusante na safrá 2007/2008.

5.4.3 Potencial Hidrogeniônico - pH

A figura 5.29 apresenta o resumo do pH na safrá 2008/2009, ao longo dos elementos do sistema de tratamento de efluentes. O valor médio do pH a jusante da Usina teve valor médio de 6,2mg/L, contra um valor de 6,8mg/L para as águas a montante da Usina. No caminho do tratamento, o pH permanece próximo a 5 dentro das Lagoas, e em valores mais elevados na piscina de decantação. Este aumento decorre da aplicação de cal,

com o objetivo de possibilitar um pH próximo ao neutro nas lagoas. As bactérias que atuam na degradação não resistem a pH elevados ou muito baixos.

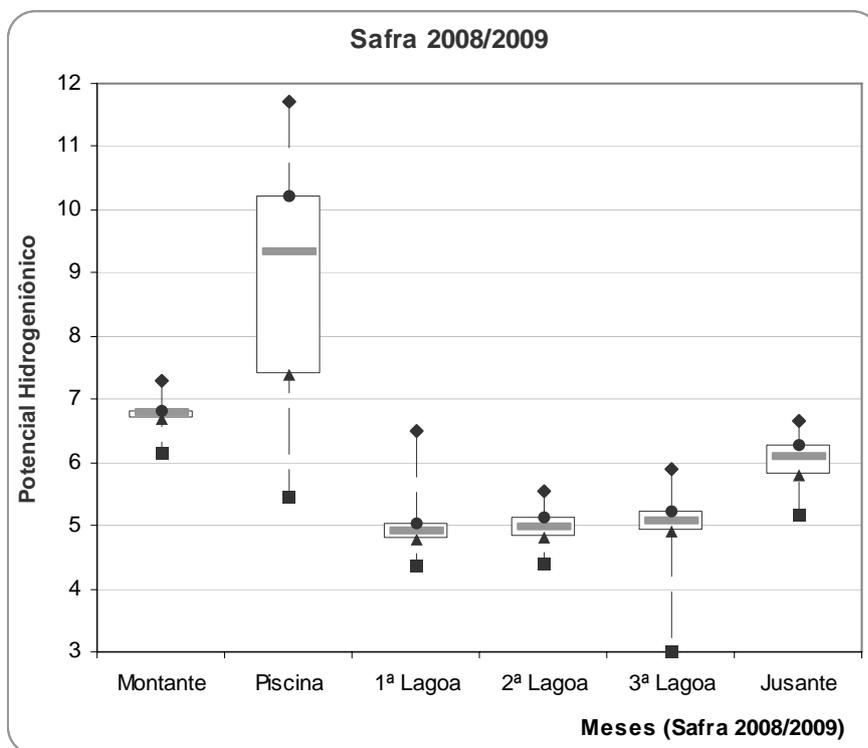


Figura 5.29: Variação na safrá 2008/2009 de pH no sistema de tratamento completo

O pH da água do rio Santo Antônio, a montante da Usina, está na faixa de neutralidade, conforme se observa na figura 5.30.

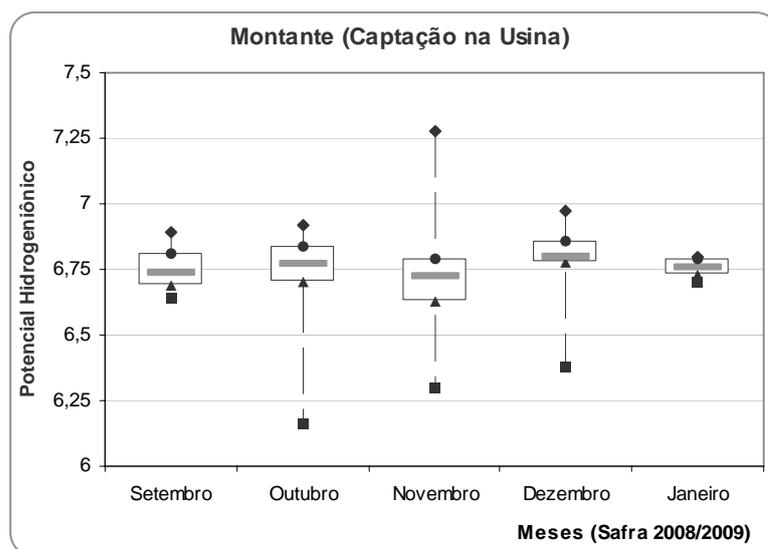


Figura 5.30: Variação mensal de pH na entrada do sistema.

Na figura 5.31 é exibida a variação do pH ao longo da safrá na entrada das piscinas de decantação. O desvio padrão é de 3 (três) pontos, com ligeira queda ao longo da safrá.

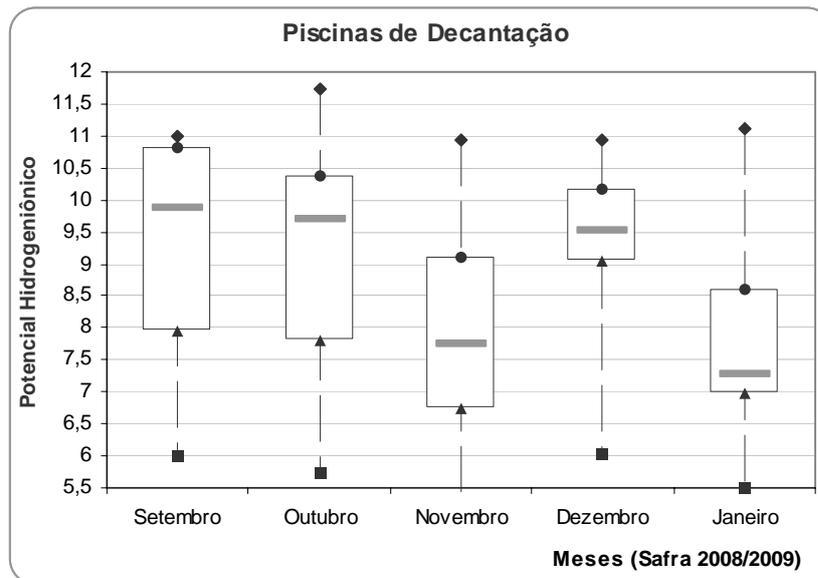


Figura 5.31: Variação mensal de pH nas piscinas de decantação.

Na seção a jusante da Usina, a variação do pH é ilustrada na figura 5.32. Nesta figura verifica-se que no mês de janeiro de 2009, o valor médio de pH foi de 5,8 , com valor máximo alcançando de 6,1.

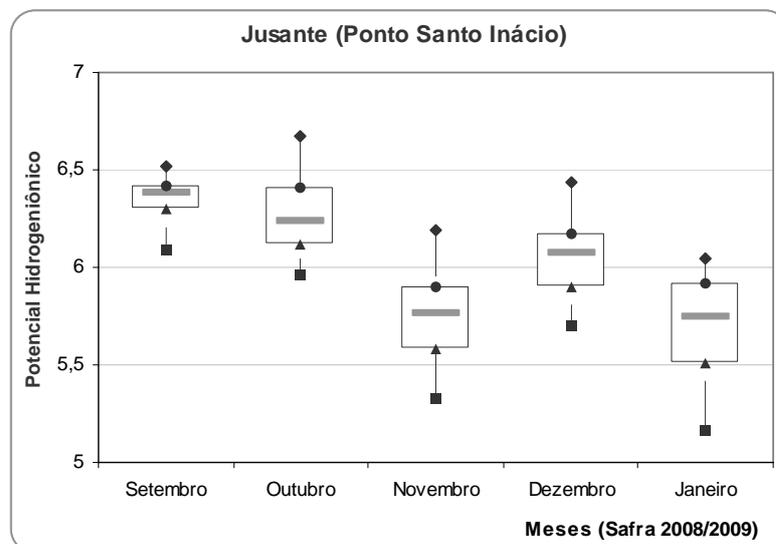


Figura 5.32: Variação mensal de pH a jusante do sistema.

5.5 Efeito da diluição do rio Jitituba sobre o rio Santo Antônio

Ao longo das safras 2007/2008 e 2008/2009 foram medidas várias vazões nos rios Santo Antônio e Jitituba. Merecem destaque os dados obtidos nos dias 11/11/2007 e 01/03/2008. Ora, a vazão calculada no primeiro foi de $1,933\text{m}^3/\text{s}$, o equivalente a $6.959\text{m}^3/\text{hora}$, para uma seção transversal de água molhada de $4,26\text{m}^2$, uma velocidade

média de 0,454m/s, uma largura superficial de 11,20m, e para uma profundidade média de 0,38m. Ocorre que 1 km a jusante deste ponto de medição, o rio Santo Antônio recebe um importante tributário, localmente conhecido com rio Periperi. A tabela 5.2 apresenta alguns destes valores.

Tabela 5.2: Medições de vazões realizadas no rio Santo Antônio e no rio Jitituba

Data	Local	Vazão (m ³ /h)	Vazão (m ³ /s)	V (m/s)	A (m ²)
11/11/2007	Rio Santo Antônio, antes da confluência com o Rio Periperi	6.959	1,93	0,45	4,26
08/12/2007	Rio Santo Antônio, depois da confluência com o Rio Periperi	8.185	2,27	0,36	6,20
22/12/2007	Jitituba, antes da confluência com o rio Santo Antônio	18.843	5,23	0,37	14,02
17/01/2008	Rio Santo Antônio, antes da confluência com o Rio Periperi	8.026	2,23	0,29	7,65
19/02/2008	Rio Santo Antônio, antes da confluência com o Rio Periperi	6.893	1,91	0,34	5,54
01/03/2008	Rio Santo Antônio, antes da confluência com o Rio Periperi	3.975	1,10	0,28	3,85
01/03/2008	Jitituba, antes da confluência com o rio Santo Antônio	3.952	1,09	0,04	23,62

Observa-se também que a segunda medida vazão do rio Jitituba (01 de março de 2008) foi 3.952m³/h, contrariando à vazão de 18.843m³/h medida no dia 22 de dezembro de 2007. Vê-se que o motivo desta enorme variação de vazão para o rio Jitituba, justifica-se pelo efeito da maré sobre todo o sistema hídrico local. Para verificar isto, a Usina Santo Antônio instalou quatro réguas ao longo do baixo rio Santo Antônio e acompanhou por 12 horas seguidas a variação do nível de água nestas posições.

A figura 5.33 apresenta estas variações e a figura 5.34 apresenta os pontos de coleta destes dados. Da figura 5.33 verifica-se que:

- Para uma amplitude de variação de maré na Barra de Santo Antônio de 1,97m, correspondeu a uma variação de nível da água de 1,20m na Fazenda São José, 1,0m na confluência com o rio Pindoba e 0,67m no rio Jitituba na ponte da Flamenguinha, respectivamente;
- Isso nos mostra como o rio Santo Antônio está sob influência da maré, no tocante a sua qualidade da água. Observe que o rio Pindoba altera seu nível em 1,0m, em apenas 7 horas;
- Isto confirma a idéia de que a diluição causada pelo Jitituba depende da nível da maré.

- Com um mapa do IBGE verifica-se que na confluência do rio Santo Antônio com o Jitituba a cota do terreno varia de 1 a 2 m acima do nível médio do mar. O que por si só, já indicaria áreas com forte influência de maré.

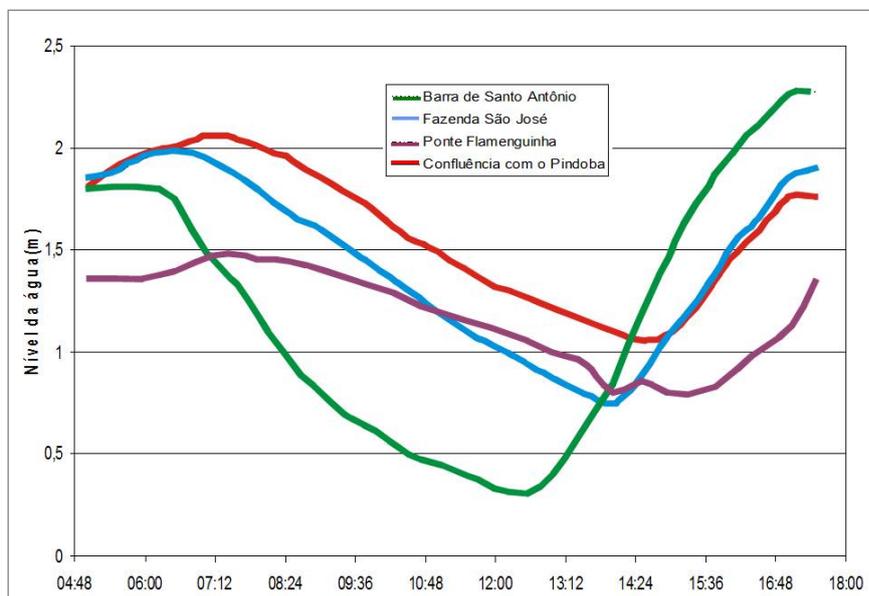


Figura 5.33: Variação do nível da água em quatro seções do rio Santo Antônio

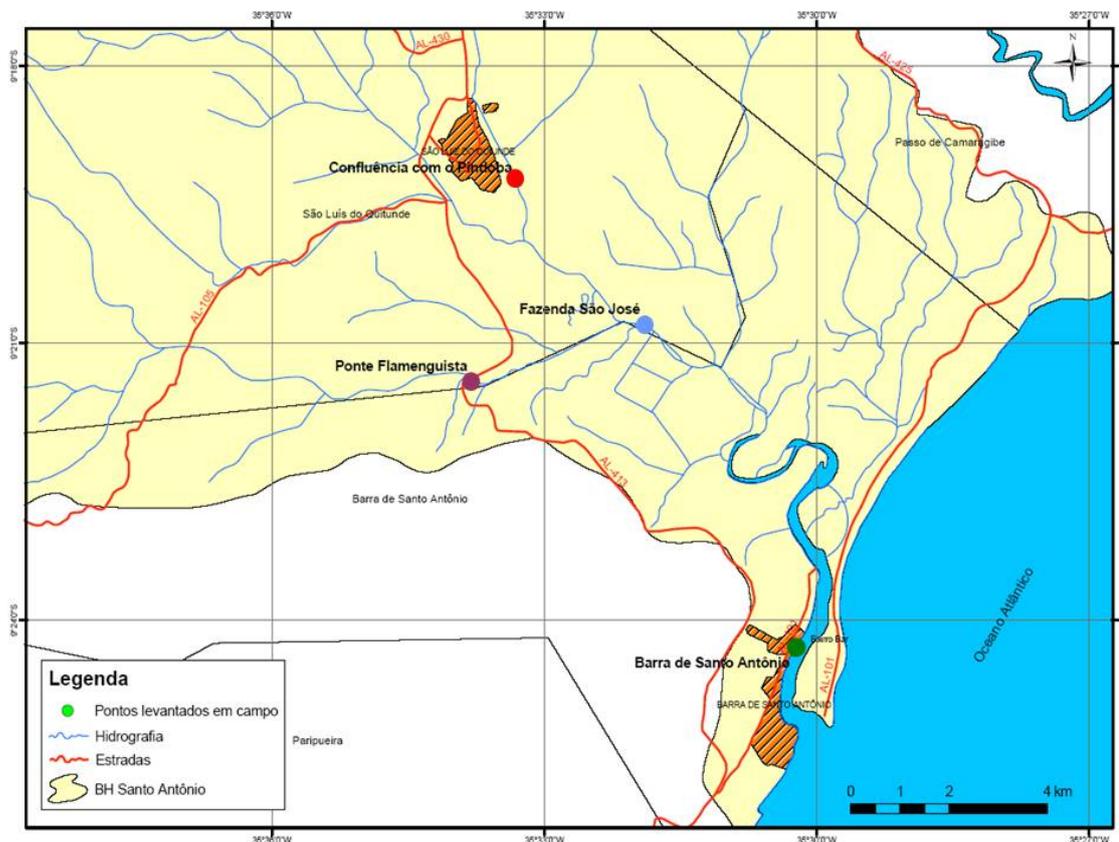


Figura 5.34: Localização dos pontos onde foram medidas as variações de nível

Como o rio é uma corrente natural de água que flui com continuidade, observa-se que eventos naturais (maré e chuvas) são fatores relevantes para as alterações percebidas. A

bacia do Santo Antônio ocupa uma região relativamente plana. A foz caracteriza-se como uma região estuarina, sob a influência das marés, onde se encontram áreas remanescentes de manguezais. Durante os períodos de subida da maré, pode-se verificar a inversão do fluxo da água do rio, no seu percurso, causada pela entrada da água salgada pelo canal.

Assim, aponta-se que a qualidade da água no rio Santo Antônio é fortemente influenciada pela maré. Com a maré alta, e conseqüente baixa troca de água com o oceano, a qualidade das águas do rio na região da cidade de São Luís Quitunde tem o quadro agravado. Com a maré baixa, há maior troca de água com o oceano, melhorando os parâmetros de qualidade da água do rio Santo Antônio. Portanto, o efeito da melhora nos índices de OD apresentados na figura 5.8, ocorre devido à diluição provocada pelo rio Jitituba, e não por meio capacidade de autodepuração do rio, que após receber uma carga poluidora, através de processos naturais (físicos, químicos e biológicos), recuperar suas qualidades ecológicas e sanitárias.

5.6 Melhorias no tratamento implementadas na Safra 2008/2009

Nas primeiras semanas de moagem da safra 2008/2009 houve eficiência de 35% na remoção de DBO, decorrente das piscinas de decantação. Porém ocorreu aumento significativo na saída da 1ª lagoa, e chegando à saída do sistema com os mesmos valores de entrada das piscinas de decantação, conforme ilustra a figura 5.35.

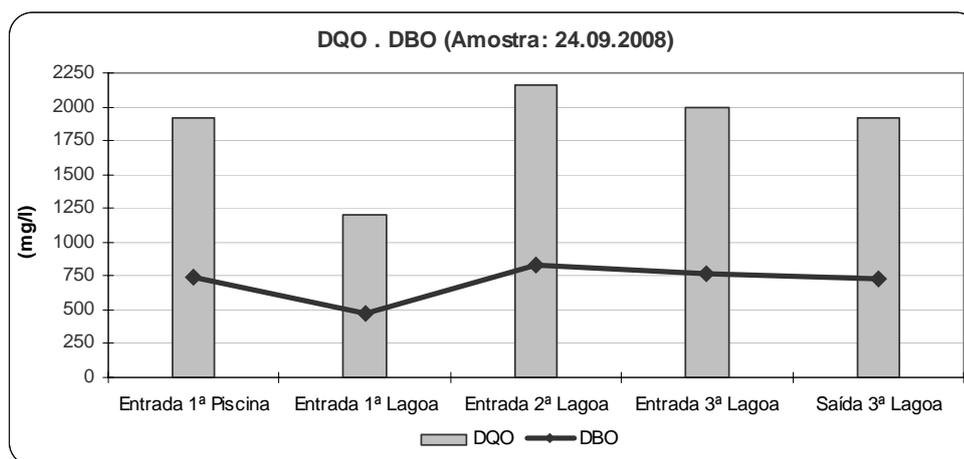


Figura 5.35: Variação da DBO e DQO no sistema de tratamento de efluente em 09/2008.

Ocorreu uma remoção de 33, 55, 56 e 45% de DQO, respectivamente, nos meses de outubro, novembro e dezembro entre o ponto inicial (entrada das piscinas de decantação) e o ponto final (saída da 3ª lagoa) e uma taxa de remoção de 39, 58, 57 e 49% de DBO, conforme ilustra a figura 5.36.

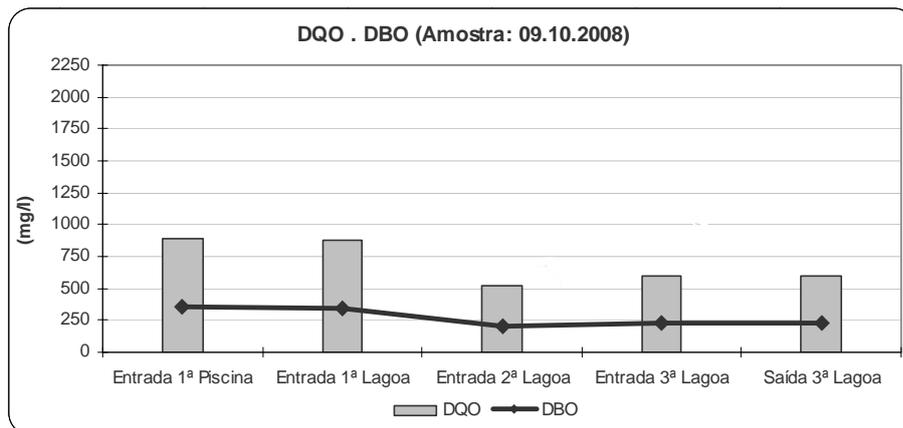


Figura 5.36: Variação da DBO e DQO no sistema de tratamento de efluente em 10/2008.

Em outubro de 2008, a Usina Santo Antônio introduziu inovações no sistema de tratamento de efluentes. Foram elas:

- Aplicação do produto NALCO 500300 na entrada da 1ª lagoa para aceleração da decomposição da matéria orgânica, patenteado e produzido pela Nalco Company;
- Aplicação de fonte de fósforo, para suprir o processo de degradação com este elemento, que se mostrou praticamente inexistente no efluente da lavagem de cana - ácido fosfórico, produto em estoque e regularmente utilizado na fabricação de açúcar;
- Construção de novas quatro lagoas de estabilização (figuras 5.37) possibilitando, agora, a manutenção das lagoas ao longo da safra.



Figura 5.37: Construção de Lagoas - Dezembro de 2008

A figura 5.38 ilustra o novo sistema de tratamento com as quatro novas lagoas construídas no trecho final do sistema de tratamento.

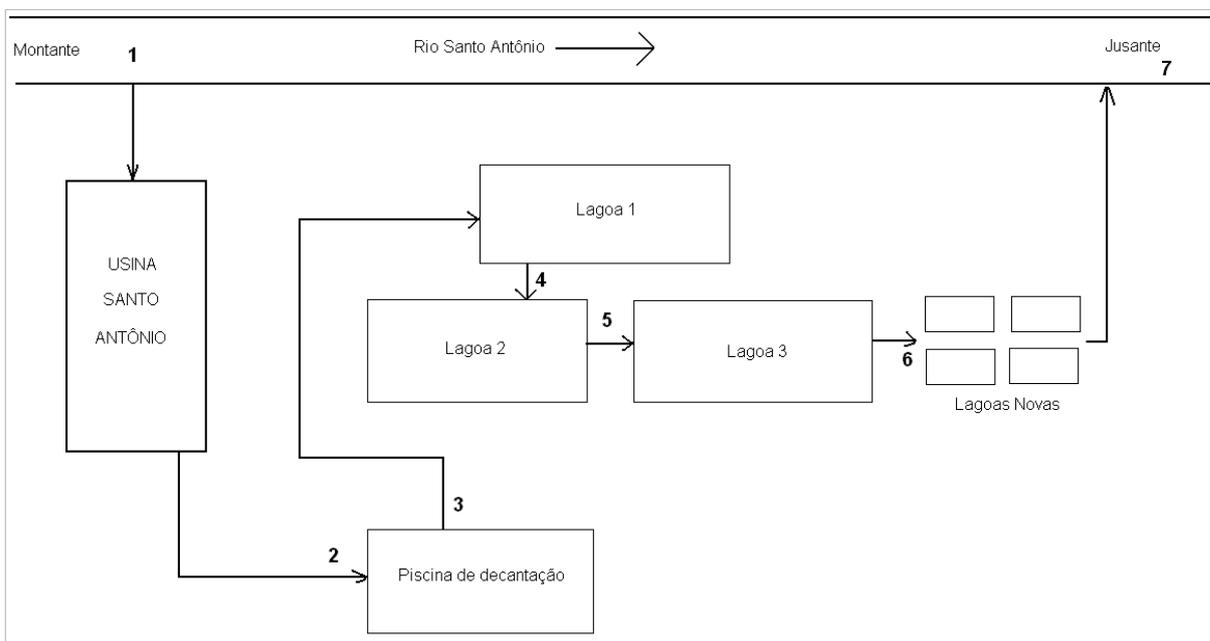


Figura 5.38: Novo sistema de tratamento de efluentes da Usina Santo Antônio.

A figura 5.39 ilustra o primeiro progresso com a adoção das novas medidas implementadas pela Usina Santo Antônio. Na saída da Lagoa 3 a carga de DBO caiu para 150mg/L, em oposição a uma carga de 727mg/L antes das inovações implementadas.

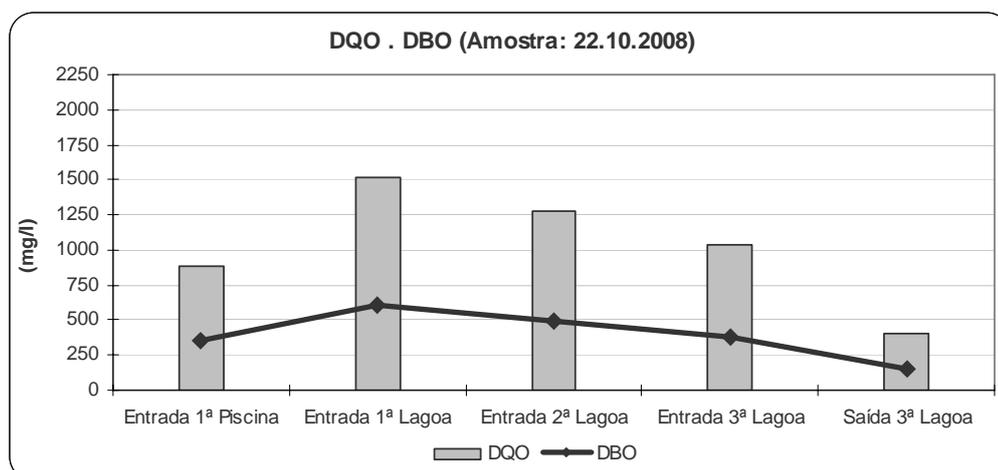


Figura 5.39: Variação da DBO e DQO no sistema de tratamento de efluente em 10/2008.

Em novembro de 2009, a melhoria na eficiência do tratamento continuava a crescer. Chegando a carga de DBO na saída da Lagoa 3 era de 123mg/L, conforme ilustra a figura 5.40.

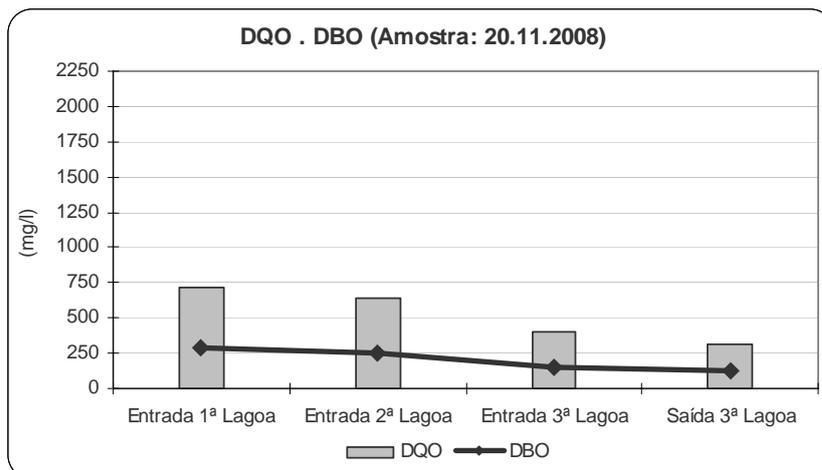


Figura 5.40: Variação da DBO e DQO no sistema de tratamento de efluente em 11/2008.

No dia 17 de dezembro de 2008, depois de 4 meses de safra, a carga de DBO no rio a jusante da Usina Santo Antônio, no Povoado Santo Inácio, foi de 59mg/L, o que representa uma evolução na redução da carga de matéria orgânica, ilustrada na figura 5.41.

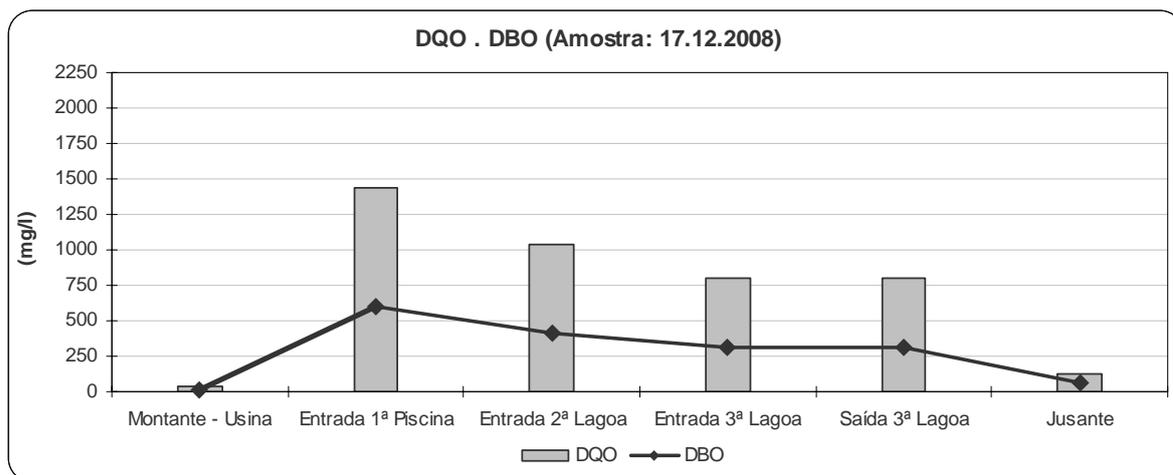


Figura 5.41: Variação da DBO e DQO no sistema de tratamento de efluente em dezembro.

A figura 5.42 ilustra um resumo da evolução da eficiência do tratamento da água de lavagem ao longo da safra 2008/2009. Do dia 24 de setembro de 2008 até o dia 20 de novembro de 2008 a evolução do tratamento foi progressiva, como mostra o trecho em declínio da figura. No início do mês de dezembro foram inauguradas as quatro novas lagoas. O trecho em ascensão foi ocasionado pelo fato das águas que preencheram estas lagoas, ainda não estavam com a presença do meio adequado para a degradação da matéria orgânica. Tão logo o mesmo ocorra, é esperado que o a carga de DBO permaneça abaixo dos 100mg/L.

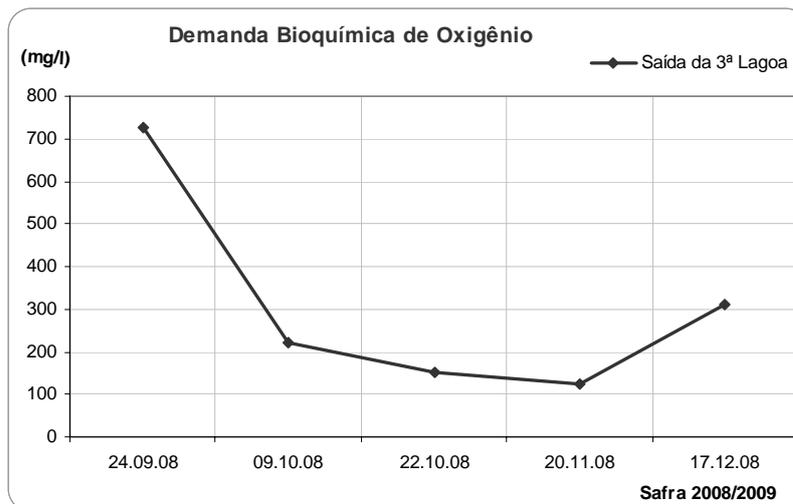


Figura 5.42: Variação da DBO na Safra 2008/2009 na saída da Lagoa 3.

A carga de DBO na saída do tratamento reduziu-se em 7 vezes, ao longo de 3 meses. Ou seja, o valor decresceu de 727mg/L para 123mg/L (figura 5.43). Nas coletas semanais de amostras de água, foram ouvidos vários depoimentos dos moradores das adjacências sobre a melhora visível da qualidade das águas do rio Santo Antônio. Os dados laboratoriais confirmam esta sensação da população. Convém destacar que esta melhora ocorreu em condições adversas para o rio Santo Antônio. O quadrimestre, iniciado em setembro e finalizado em dezembro, foi um dos mais secos dos últimos dez anos, foi observado na figura 5.3 e 5.4, acarretando a diminuição acentuada de vazões do rio Santo Antônio, que foi mostrada na figura 5.6. Esta diminuição não auxilia a desejada diluição dos efluentes tratados da Usina Santo Antônio. Tivesse havido um verão mais úmido, a situação do rio Santo Antônio a jusante seria ainda melhor.

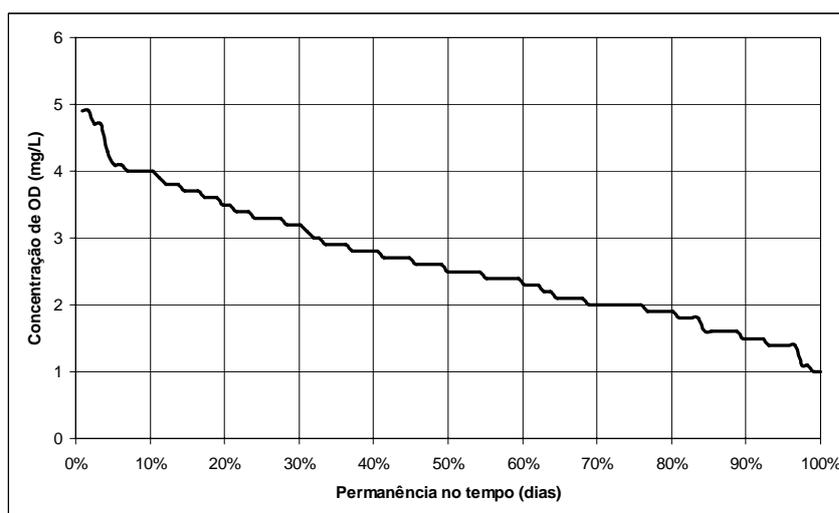


Figura 5.43: Curva de permanência de oxigênio a jusante da Usina Santo Antônio na safra 2008/2009.

A figura 5.43 sumariza a melhora ambiental de toda a safra 2007/2008. Esta curva indica a porcentagem dos dias em que os teores de oxigênio dissolvido são iguais ou

maiores a um dado valor. Pode-se perceber que a curva abaixo indica que na safra 2008/2009, o teor de OD em 50% dos dias foi igual ou superior a 2,5mg/L. A curva também indica que em 70% dos dias da safra 2008/2009 o OD foi superior a 2mg/L. Em 30% do tempo o OD foi superior a 3,2mg/L. Estes valores são representativos comparando com a ocorrência na safra 2008/2009.

5.7 Relação entre DBO e DQO para águas de lavagem de cana

Segundo METCALF & EDDY (1977) a DBO é mais difícil de correlacionar-se devido aos problemas associados aos ensaios biológicos. No entanto, para águas residuais, são relatadas relações entre DBO/DQO variando de 0,4 a 0,8. VAN HAANDEL & MARAIS (1999), observaram variações na relação DBO/DQO oscilando entre 0,36 e 0,75; através da determinação de DBO experimentalmente e da DQO teórica para diferentes substâncias.

Para muitos tipos de despejos, é possível correlacionar DQO com DBO, correlação que, uma vez estabelecida, permite substituir a determinação da DBO pela da DQO. O estudo fornece subsídios para a estimativa de DBO a partir de resultados de análise de DQO para os efluentes. Análises estatísticas dos resultados obtidos nos monitoramentos de rotina dos sistemas selecionados indicaram a propriedade de substituição de análises de DBO por análises de DQO. A análise de DBO é mais cara e mais demorada que a de DQO.

Ao longo da safra foram determinados 32 valores de DQO e suas respectivas DBO, para as águas de lavagem. Com isto foi possível determinar a relação entre estas variáveis, conforme dispõe o gráfico 5.44.

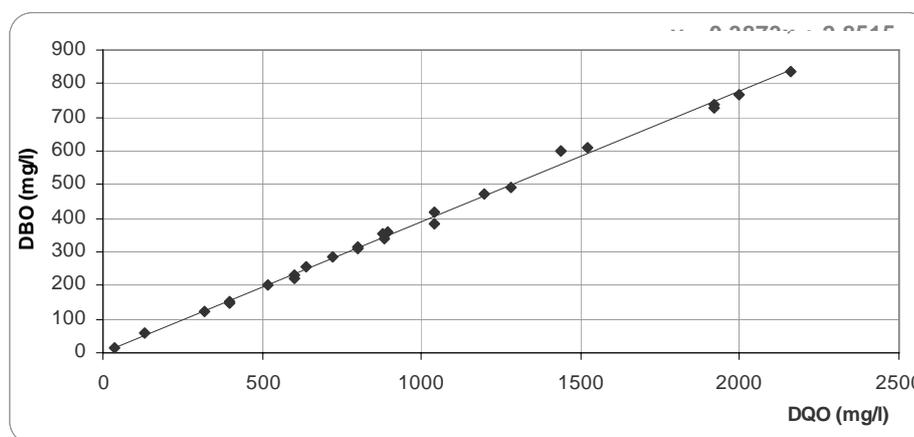


Figura 5.44: Gráfico de coeficiente angular da Relação DBO/DQO.

A partir dos dados utilizados para obtenção do gráfico ilustrado na figura 5.43, foi gerado o gráfico contido na figura 5.45, relativo aos dados de DBO/DQO, onde foram

obtidas a equação 5.1 através da regressão linear, e a equação 5.2 que explicita o ponto de interseção, ambas com coeficiente de correlação $R^2 = 0,9965$.

$$\text{DBO} = 0,3875 \times \text{DQO} + 2,5328$$

(Equação 5.1)

$$\text{DBO} = 0,3894 \times \text{DQO}$$

(Equação 5.2)

No período de avaliação, com amostras analisadas em 24/set.; 09/out.; 22/out.; 20/nov.; e 17/dez/2008, a relação média DBO/DQO para o efluente na entrada das piscinas de decantação, derivado da água de lavagem da cana-de-açúcar, foi, respectivamente, 0,385; 0,403; 0,403; 0,393; e 0,417; enquanto que na saída da 3ª lagoa, obteve-se 0,39; 0,372; 0,375; 0,384; e 0,386. Verificou-se o valor mínimo (0,361) encontrado no ponto a montante, e o valor máximo (0,454) a jusante da usina, valores descartados, por referirem-se ao corpo hídrico, fora do sistema de tratamento, localizam-se antes da geração do resíduo e posterior ao ponto de descarte.

Diante dos valores encontrados no monitoramento, quanto à relação DBO/DQO, também foi gerada a equação 5.3, através da média da razão dos dados de DBO e DQO das análises realizadas dentro da ETE, na qual se obteve a relação de 0,39. A relação alcançada encontra-se dentro da faixa de valores considerados por VAN HAANDEL & MARAIS.

$$\text{DBO} = 0,39 \times \text{DQO}$$

(Equação 5.3)

Verifica-se na figura 5.45, os pontos máximo, mínimo, e médio de relação DBO/DQO no período monitorado da safra 2008/2009.

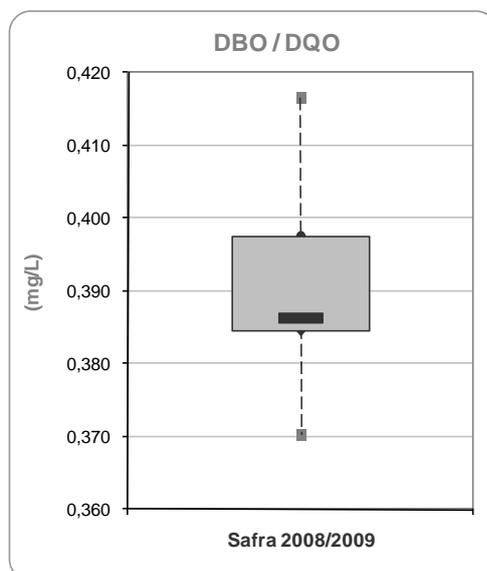


Figura 5.45: Gráfico da Relação DBO/DQO.

O desvio padrão para a curva dos valores médios da relação DBO/DQO, para o efluente encontrado foi 0,011. O coeficiente de correlação de 0,9965, obtido a partir da regressão linear entre os valores de DBO e DQO, indica que pode-se utilizar a equação 5.1 e 5.2 para estimar o valor de DBO, com um erro médio de 0,3871% e 0,0485%, respectivamente. Ainda pode-se aplicar a estimativa pela equação 5.3, com erro médio de 0,2027%.

Verificou-se que a DBO estimada através das equações 5.1, 5.2 e 5.3, sofre uma variação de acordo com o ponto analisado ou o período de coleta. Pode-se observar o comportamento na tabela 5.3, referente as coletas realizadas na entradas das piscinas de decantação, logo após a saída das mesas de lavagem. E a tabela 5.4 referente as coletas da saída da 3ª lagoa.

Tabela 5.3: Estimativa da DBO - Entrada da ETE

DBO/DQO		ENTRADA DAS PISCINAS DE DECANTAÇÃO				
		24.09.2008	09.10.2008	22.10.2008	20.11.2008	17.12.2008
<i>DQO</i>		1920,00	895,00	880,00	720,00	1440,00
DBO	Medida	739,00	361,00	355,00	283,00	600,00
	Equação 5.1	746,533	349,345	343,533	281,533	560,533
	ERRO (%)	1,019	-3,228	-3,230	-0,518	-6,578
	Equação 5.2	747,648	348,513	342,672	280,368	560,736
	ERRO (%)	1,170	-3,459	-3,473	-0,930	-6,544
	Equação 5.3	748,800	349,050	343,200	280,800	561,600
ERRO (%)	1,326	-3,310	-3,324	-0,777	-6,400	

Tabela 5.4: Estimativa da DBO - Saída da ETE

DBO/DQO		SAÍDA DA 3ª LAGOA				
		24.09.2008	09.10.2008	22.10.2008	20.11.2008	17.12.2008
<i>DQO</i>		1920,00	600,00	400,00	320,00	800,00
DBO	Medida	727,00	223,00	150,00	123,00	309,00
	Equação 5.1	746,533	235,033	157,533	126,533	312,533
	ERRO (%)	2,687	5,396	5,022	2,872	1,143
	Equação 5.2	747,648	233,640	155,760	124,608	311,520
	ERRO (%)	2,840	4,771	3,840	1,307	0,816
	Equação 5.3	748,800	234,000	156,000	124,800	312,000
ERRO (%)	2,999	4,933	4,000	1,463	0,971	

Portanto, os resultados obtidos com a utilização das equações indicam eficácia para estimativa da DBO. Porém, devem-se realizar algumas análises de DBO para acompanhamento, e verificação da estabilidade do sistema.

06. CONCLUSÃO

*“O ideal seria que chovesse tão somente à noite
e de dia fizesse sempre sol, para que
a fotossíntese vigorasse na sua total plenitude”.*

Euclides Mondardo

A situação ambiental do entorno da central açucareira, foi abordada no TAC, no qual foram impostas algumas adequações. Dentre elas, a melhora na qualidade do efluente lançado no corpo hídrico. Da qual as ações para alcance das metas foram acompanhadas e subsidiam as conclusões que a partir a aplicação de um simples produto de patente da NALCO, e ácido fosfórico, pela baixa relação DBO:N:P do efluente originados na lavagem da cana-de-açúcar, e ainda a ampliação do sistema de tratamento, com a construção de quatro novas lagoas podem viabilizar a adequação.

A principal contribuição deste estudo foi proporcionar à Central Açucareira Santo Antônio a redução da carga orgânica de seus efluentes, por meio de uma operação simples e de baixo custo. Verificou-se que a carga orgânica foi reduzida em 7 vezes. Foi um resultado que melhorou a vida da população circunvizinha e os números de eficiência da Usina Santo Antônio.

Verificou-se que é possível a utilização de análises de DQO em substituição às de DBO, para efluente oriundo da lavagem da cana-de-açúcar. Em caso de necessidade de grande precisão de resultados, recomenda-se a utilização das análises de DBO_(5,20) diretamente. Nessas condições, pode se concluir que a DBO pode ser estimada matematicamente através de sua relação com a DQO que apresenta procedimentos analíticos mais simplificados de obtenção, tanto em termos analíticos com em termos de tempo.

Fazer uso dos resultados de DQO na estimativa da DBO reduz os custos operacionais, diminui o tempo de tomada de decisões, bem como permite a definição de parâmetros de projeto que sejam condizentes com a realidade local, tornando-se importante a sua estimativa matemática para que a mesma possa ser estimada em um menor espaço de tempo, a fim de aprimorar o monitoramento da qualidade da água e estimar a eficiência do sistema de tratamento deste resíduo.

Também foi permitido um conhecimento adequado do rio Santo Antônio. Verificou-se o poder elevado de diluição que o Jitituba fornece ao Santo Antônio. Por último, destaca-se também que as águas desta região estão sob influência da maré e dela depende. Estando distante apenas a 13km do mar, a Usina Santo Antônio não tem cumprimento para que o ponto de autodepuração seja alcançado.

Partindo do pressuposto, cujas ações preventivas ou mitigadoras sejam economicamente viável e ecologicamente corretas. Logo, compreende-se que as soluções sempre serão ações particulares e pontuais, atendendo às características da hidrografia local e do tipo de efluente tratado, seguindo a legislação pertinente.

Ante as mudanças climáticas que se apresentam, trilhar o caminho do equilíbrio, entre as forças econômicas e a preservação da qualidade ambiental e responsabilidade social, é missão que urge à humanidade e que o Brasil tem muito a contribuir com a agroenergia, os biocombustíveis, e, em especial, a cana-de-açúcar.

A partir do cumprimento do TAC, ao atingir a adequação necessária, juntamente com a concessão da outorga de direito do uso dos recursos hídricos para a captação adquirida no período de finalização do estudo, no mês de maio de 2009, a regularização quanto ao licenciamento ambiental, tornar-se-á o foco, subseqüentemente a concessão da outorga para lançamento do efluente oriundo da ETE.

A iniciativa de algumas Usinas em obter certificação ambiental, se, por um lado, é positiva, no sentido de se implantar um sistema de gestão ambiental, por outro, ainda é insuficiente, para garantir que o setor está engajado no compromisso de responsabilidade social e contínua melhoria da qualidade ambiental.

07. REFERÊNCIAS

ANDRADE, José F. M. de; DINIZ, Kátia M. *Impactos Ambientais da Agroindústria da Cana-de-açúcar: Subsídios para a Gesta*. 96 p. 2007. Monografia (Especialização em Gerenciamento Ambiental) Escola Superior de Agricultura. Piracicaba, 2007.

BARRETO, A. N.; et al. *Eficiência de uso de água na agricultura irrigada*. In: Barreto, A. N.; Silva, A. A. G. da; Bolfe, E. L. (eds.) Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental x sustentabilidade. Aracaju: Embrapa, 2004. p.205-239.

BARTOLOMEU, Daniela B. *Questões ambientais*. Disponível em: http://www.cepea.esalq.usp.br/especialagro/EspecialAgroCepea_6.doc. Acesso em: 20.Nov.2008.

BICHARA, J. M.; P. FILHO, J. *Aspectos gerais do gerenciamento ambiental da agroindústria canavieira*. Saneamento Ambiental nº 11, pp. 14-23, Dez./Jan. 1991.

BRASIL. (2005). Congresso. Senado. *Resolução CONAMA N° 357*, 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e dá outras providências. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF.

BUARQUE, D. C. *Crerios para a Outorga de uso da água para a indústria sucro-Alcooleira*. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Civil. Universidade Federal de Alagoas. Maceió 2003. pág 53 - 55.

CARMO, Roberto L. et al. Água virtual, escassez e gestão: O Brasil como grande “exportador” de água. In: Ambiente & Sociedade. v. X, n. 2, p. 83-96, jul.-dez. Campinas, 2007.

CETESB. *A Produção mais Limpa no Setor Sucroalcooleiro - Informações Gerais*. 2002. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Aduacao_organica_producao_mais_1impaID-37HFh1RpEg.pdf. Acesso em: 19.Out.2008.

_____. *PPP: Água na Indústria da Cana-de-açúcar*. São Paulo, 2008

CHRISTOFIDIS, Demétrius. *Água na produção de alimentos: o papel da academia e da indústria no alcance do desenvolvimento sustentável*. In: Cinencias Exatas, Taubaté, v.12, n. 1, p. 37-46, 2006.

CUNHA, S. B. ; GUERRA, A. J. T. *Degradação ambiental*. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. cap 7, p 337-379.

DUMANSKI, J., PIERI, C. *Land quality indicators: research plan*. Agriculture, Ecosystems & Environment, Amsterdam, v. 81, p.155-162, 2000.

EMBRAPA Algodão. Documentos 135. *Fator Limitante para a Expansão da Agricultura no Século XXI: Recursos Hídricos*. Campina Grande, 2005. 20p.

EMBRAPA Monitoramento por Satélite. *Impacto Ambiental da Cana-de-Açúcar*. Disponível em: <http://www.cana.cnpm.embrapa.br/setor.html>. Acesso em: 12.Dez.2008

FAO (Roma). *Prevencion de la contaminacion del agua por la agricultura y actividades afines*. Roma: FAO, 1993. 385p.

_____. *Necessidades y recursos: geografia de la agricultura y la alimentación*. Roma, 1995, 1.278p.

_____. *El estado mundial de la agricultura y la alimentacion*. Roma. 1997. 285p.

FARIA, B.V.; ; CAVINATTO, V. *As Bacias Hidrográficas do Estado*. In: *EMPAER. Manual técnico de microbacias hidrográficas*. Cuiabá, 2000. 339p.

GASTALDINI, M.C.C.; MENDONÇA, A.S.F. *Conceitos para a Avaliação da Qualidade da Água*. In: PAIVA, J.B.D. *Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas*. Porto Alegre: ABRH, 2003. pp. 429 a 490.

GLASS, Verena. *BIOCOMBUSTÍVEIS 2: Diante da fome e da escassez de água potável, o que significa plantar energia*. Mar, 2007. Disponível em: http://www.cartamaior.com.br/templates/materiaMostrar.cfm?materia_id=13631&editoria_id=3. Acesso em: 23.dez.2008.

GIANSANTE, A. E. *Avaliação da capacidade de autodepuração do Ribeirão Jacaré – Itatiba – SP*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., Foz do Iguaçu, 1997. Anais eletrônicos II-057. Rio de Janeiro, ABES. p. 2198-2202.

GUNKEL, Günter ; KOSMOL, J. ; SOBRAL, Maria Do Carmo ; ROHN, H. ; MONTENEGRO, S. M. G. L. ; AURELIANO, Joana . *Sugar Cane Industry as a Source of Water Pollution - Case Study on the Situation in Ipojuca River, Pernambuco, Brasil*. *Water, Air and Soil Pollution*, v. 176, p. 1573-2932, 2007.

IWMI. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London: Earthscan, and Colombo, International Water Management Institute, 2007.

KESSERLINGH, S. M. *Minimização e reuso de águas em indústrias sucroalcooleiras: estudo de caso*. 2002. 125 p. Dissertação (mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) Engenharia Hidráulica E Saneamento / USP, São Carlos, 2002.

LIMA, E. B. N. R. *Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na bacia do Rio Cuiabá*. 2001, 184 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

LORA, E. S. *Controle da poluição do ar na indústria açucareira*. Escola Federal de Engenharia de Itajubá. Sociedade dos Técnicos Açucareiros do Brasil – STAB, 2000.

MATTOS, A. R. *Açúcar e álcool no Brasil*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1942.

MEYBECK, M.; HELMER R. *An introduction to water quality* In: CHAPMAN, D. *Water quality assessment*. Cambridge, University Press, 1992. 585p.

MOTA, S. *Introdução à engenharia ambiental*. Rio de Janeiro: ABES, 2000, 416 p.

ONU. *Alimentacion, agricultura y seguridad alimentaria la dimension mundial: evolución histórica, situación actual, perspectivas de futuro*. s.l. 1995. 39p.

PEREIRA, M. C. *A expansão da cadeia sucroalcooleira em Mato Grosso do Sul, Dinâmicas e Determinantes*. 2007, 152 p. Dissertação (mestrado em). Departamento de Economia e Administração. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2007.

PEROVANO FILHO, Natalino. *Hidrolases e fenoloxidasas de microrganismos como marcadores para a seleção de biosuplementadores e avaliação do tratamento sobre efluentes sucroalcooleiros*. 2007. 170 p. Dissertação (mestrado em Química e Biotecnologia) - Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

PITTER, P. *Inorganic substances in the water*. In: TOLGYESSY, J. (Ed.). Chemistry and biology of water air and soil: environmental aspects. Washington: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 1993. p. 66-105.

PURCHASE, B. S. *Disposal of liquid effluents from cane sugar factories*. Proceedings on the 22 insect Congress. Cartagena de Indias, Colombia, pp. 49-54, 1995.

SALLES, L. da S. *Elementos para o planejamento ambiental do complexo agroindustrial sucroalcooleiro no Estado de São Paulo: conceitos, aspectos e métodos*. Dissertação de Mestrado, EESC – USP, 1993.

SEMARH. *Dados de precipitação mensal*. Disponível em: <http://www.semarh.al.gov.br/tempo%20e%20clima/precipitacao-mensal/dados-das-precipitacoes-mensais>. Acesso em: 20.jan.2009.

SEWELL, G. H. *Administração e controle da qualidade ambiental*. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1978.

SOUZA, H.M.I.; NUNES, J.R.S. *Avaliação dos parametros físicos-químicos e bacteriológicos do córrego Figueira*. In: Engenharia Ambiental: pesquisa e Tecnologia, v.5, n. 2, p. 110-124, mai/ago 2008.

STIPP, Nilza A. F. (org.). *Macrozoneamento ambiental da bacia hidrográfica do Rio Tibagi (PR)*. Editora UEL, Londrina, 2000.

TELLES, D. d'A. *Água na agricultura e pecuária*, cap.9, p. 305-337, In: REBOUÇAS, A.C; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. (Orgs). *Águas Doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras, 1999. 703 p.

UNICA - União da Indústria de Cana-de-Açúcar. *O etanol e os desafios do mercado interno*. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.unica.com.br/opiniaio/show.asp?msgCode=653FC86C-D21E-455A-BFFF-5299131A1680>. Acesso em: 22.dez.2008.

VON Sperling, M. (2005). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3 ed. - Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG, 452 p.

ERRATA

LÊ-SE:	LEIA-SE:
<u>Página 39:</u> 3.2.3 Instrumentos: Enquadramento e Outorga 3.2.3.1 Enquadramento dos corpos d'água	3.2.2 Instrumentos: Enquadramento e Outorga 3.2.2.1 Enquadramento dos corpos d'água
<u>Página 40:</u> 3.2.3.2 Outorga: Captação e Lançamento	3.2.2.2 Outorga: Captação e Lançamento
<u>Página 74:</u> Figura 5.33: Variação do nível de água em quatro seções do rio Santo Antônio	Figura 5.33: Variação do nível de água em quatro seções do rio Santo Antônio
<u>Página 80:</u> Figura 5.41: Variação da DBO no sistema de tratamento de efluente em dezembro	Figura 5.41: Variação da DBO no sistema de tratamento de efluente em 12/2008
