UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JUNIOR SUMAI

AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS HÍDRICOS RELACIONADOS AO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR NA BACIA SÃO JOSÉ DOS DOURADOS

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais.
Orientador: Prof. Dr. Jefferson Nascimento de Oliveira

Ilha Solteira
2014

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S955a

Sumai, Junior.
Avaliação dos aspectos hídricos relacionados ao desenvolvimento da cultura / Junior Sumai. – Ilha Solteira: [s.n.], 2014
92 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, 2014

Orientador: Jefferson Nascimento De Oliveira
Inclui bibliografia

1. Aumento do cultivo da cana-de-açúcar na BSJD. 2. Consumo de água na indústria sucroenergética. 3. O uso da água subterrânea na indústria da cana-de-açúcar.

unesp **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Avaliação dos aspectos hídricos relacionados ao desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar na bacia do São José dos Dourados

AUTOR: JUNIOR DE SOUZA SUMAI

ORIENTADOR: Prof. Dr. JEFFERSON NASCIMENTO DE OLIVEIRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL , Área: RECURSOS HIDRICOS E TECNOLOGIAS AMBIENTAIS, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JEFFERSON NASCIMENTO DE OLIVEIRA
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Profa. Dra. LILIANE LAZZARI ALBERTIN
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. ANTONIO CARLOS ZUFFO
Departamento de Recursos Hídricos / Universidade Estadual de Campinas

Data da realização: 17 de janeiro de 2014.

Aos meus pais, José e Ana, pelo
Exemplo de família, bondade,
Carinho, amor, e por toda a confiança
Depositada em mim.

Ao meu grande amigo e irmão, o Fabio,
Que compartilha de meus sonhos e
Acredita em meus ideais.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Jefferson Nascimento de Oliveira, por tudo que pude desfrutar de seu conhecimento, pela grande amizade, por abrir as portas de sua casa para me receber, pelo abraço nas horas mais difíceis e por não ter perdido a confiança em mim, boas ações que jamais serão esquecidas.

Aos meus familiares pelo enorme carinho, confiança, amizade e por proporcionarem momentos inesquecíveis, e também a todos os amigos que compartilham desta realização.

A companhia sempre agradável e presente da senhorita Lais Regina, por sempre apoiar e incentivar o desenvolvimento deste trabalho, obrigado pelo seu companheirismo e carinho.

Aos companheiros de república, Gustavo, Jorge, Edmar, José Mário, Márcio, Matheus, João, Igor e o Henrique, que formaram em Ilha Solteira minha segunda família, que compartilharam grandes momentos que serão para sempre lembrados.

Aos colegas que fizeram parte da equipe do capitão Nascimento, Celina, André, Caroline, Joseane, Marcelo e em especial ao Lucas e ao Thiago Santim que com seus conhecimentos colaboraram para melhor qualidade deste trabalho. Muito obrigado pelo grande prazer de conhecê-los e por poder compartilhar a companhia de cada um.

Aos colegas do Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, pelo convívio de momentos de estudo e descontração.

Ao Laboratório de Hidrologia e Hidrometria, o LH², o qual tive o prazer de vivenciar toda sua ampliação e modernização, por me acolher em todos os momentos de pesquisa.

À pesquisadora Malva Mancuso quando pesquisadora do IPT, por ter possibilitado inicialmente o uso do ArcMap 9.2 nestetrabalho.

Gostaria ainda de agradecer aos funcionários e professores do DEC,em especial ao Aldir pelo fundamental auxílio com plantas e mapas utilizados neste trabalho.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal e Ensino Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

Com o objetivo de diagnosticar a influência de uma cultura sobre os recursos hídricos, este estudo foi elaborado de acordo com análises na mudança de ocupação da Bacia São José dos Dourados (BSJD), região noroeste, interior do estado de São Paulo, Brasil, o período de estudo é do ano de 2003 à 2013. O aumento significativo da área de cultivo da cana na BSJD motivou a avaliação dos índices de crescimento específico do cultivo da cana de cada município, que a compõe e também uma ampliação do conhecimento a respeito do setor industrial. Sobre o setor da indústria da cana, além de explanar o processo de industrialização, também é apresentada a quantidade de usinas instaladas na área de estudo, o potencial de moagem de cada planta industrial e o consumo de água médio do setor. Para conhecimento do setor da cana, foi realizado um estudo sobre os números atuais do mercado da cana (produção de cana, de etanol, de açúcar).A projeção do mercado futuro também foi pesquisada, as tendências para os próximos anos e a expectativa do mercado interno/externo estão presentes neste trabalho. Outro importante estudo realizado neste trabalho é a identificação dos problemas causados pela mudança de ocupação do solo, além das características diferentes entre as culturas, o trabalho com o solo também apresenta técnicas diferentes, estas mudanças podem causar prejuízos a qualidade do meio provocando sérios danos. Este trabalho tem como principal objetivo apresentar os fatores e o histórico de crescimento do setor da cana-de-açúcar na Bacia São José dos Dourados.

Palavras-chave: ArcGis 9.2. Cana-de-açúcar. Baciahidrográfica

ABSTRACT

In order to diagnose the influence of culture on water resources, this study was developed according to analyzes the change in occupation of the *Bacia São José dos Dourados* (BSJD), northeast region, the state of São Paulo, Brazil, the study period is from the year 2003 to 2013. The significant increase in the area under cultivation of sugarcane in BSJD motivated the exploitation of the specific growth rates of sugarcane cultivation in each municipality that composes and also to the knowledge of the industrial sector. On the sector of the sugar industry, and explain the process of industrialization, the amount of installed power plants in the study area, the potential for milling of each industrial plant and average water consumption of the sector is also presented. To the knowledge of the sugarcane industry, a study on the current numbers of the sugarcane market (production of sugarcane, ethanol, sugar), the projection of future market was also investigated, the trends for the coming years and the market expectation was conducted internal / external are present in this work. Another important study in this work is the identification of the problems caused by the change of land use, in addition to the different characteristics between cultures, working with the soil also presents different techniques, these changes can damage the quality of the environment causing serious damage. This work aims to present factors and historical growth of sugarcane sector in the bowl of *Bacia São José dos Dourados*.

Keywords: ArcMap 9.2. GIS.Sugar Cane.Watershed.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cana na BSJD..... 16
Figura 2 - Aumento da área plantada e da produtividade de cana-de-açúcar no Brasil 1960-2007..... 20
Figura 3 - Mudança do uso da terra no período de 200 a 2009..... 21
Figura 4 - A expansão da cana na região Centro Sul do Brasil, destacando o estado de São..... 22
Figura 5 - Produtos e resíduos da indústria..... 26
Figura 6 - Fluxograma de produção de açúcar e etanol..... 27
Figura 7 - Gráfico 1:Crescimento da cultura cana-de-açúcar na BSJD..... 29
Figura 8 - Modelo de processamento de dados..... 41
Figura 9 - Divisão da BSJD em subbacias..... 44
Figura10 - Localização da UGRHI São José dos Dourados e seus municípios 45
Figura11 - Localização dos municípios com ponto de medição de índices pluviométricos..... 47
Figura12 - Gráfico 2: Média geral da precipitação mensal na Bacia São José dos Dourados..... 47
Figura13 - Localização dos pontos de medição fluviométrica 51
Figura14 - Gráfico 03: Valores de vazão mensal no curso d'água do rio São José dos Dourados no município de Votuporanga 52
Figura15 - Gráfico 04: Valores de vazão mensal no curso d'água do rio São José dos Dourados no município de Auriflama..... 52
Figura16 - Ocupação da área antes da expansão da cana-de-açúcar 54
Figura17 - Gráfico 05:àrea de cultivo da cana-de-açúcar nos municípios com sede na Bacia São José dos Dourados.... 57
Figura18 - Gráfico 6: Área de produção de cana-de-açúcar no período de 2003 a 2012 nos municípios de Ilha Solteira e Monte Aprazível..... 59
Figura19 - Gráfico 06:Área de cultivo da cana-de-açúcar nos municípios com sede fora da Bacia São José dos Dourados..... 60
Figura20 - Situação da BSJD em relação a ocupação da cana-de-açúcar no ano de 2003..... 63
Figura21 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2004..... 64
Figura22 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2005..... 64
Figura23 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2006..... 65
Figura24 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2007..... 65
Figura25 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2008..... 66
Figura26 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2009..... 66
Figura27 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2010..... 67
Figura28 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2011..... 67
Figura29 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2012..... 68
Figura30 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2013..... 68
Figura31 - Aumento da produção da cana-de-açúcar na BSJD no período de 2003 a 2013..... 69
Figura32 - Cultivo de cana de açúcar na BSJD 70

Figura33 - Municípios com baixa área de produção de cana-de-açúcar..... 71
Figura 34 - Gráfico 7: Comportamento da área disponível para cultivo da cana de açúcar na BSJD..... 52
Figura 35 - Gráfico 8: Crescimento da cultura cana-de-açúcar na BSJD..... 52
Figura 36 - Localização e potencial de moagem das usinas sucroalcooleiras dentre da Bacia São José dos Dourados 77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	-	Produção da cana-de-açúcar no Brasil.....	22
Tabela 2	-	Usos médios da água em unidades produtoras de açúcar e etanol.....	36
Tabela 3	-	Média pluviométrica nos municípios da BSJD pluviométrica nos municípios da BSJD.....	46
Tabela 4	-	Valores de vazão nos postos de monitoramento 6B-012 (Votuporanga) e 7B-007 (Auriflama).....	51
Tabela 5	-	Maiores e menores áreas de produção de cana dentre os municípios com sede dentro da BSJD.....	58
Tabela 6	-	Aumento do cultivo da cana de açúcar.....	62
Tabela 7	-	Indicadores safra 2012/2013.....	72
Tabela 8	-	Indicadores safra 2013/2014.....	73
Tabela 9	-	Municípios da BSJD que apresentaram diminuição na área de cultivo da cana.....	76
Tabela 10	-	Potencial de moagens das usinas de cana da BSJD.....	78
Tabela 11	-	Valores potenciais da indústria da cana na BSJD.....	79
Tabela 12	-	Coordenadas e profundidade dos poços de captação de água subterrânea nas usinas de cana na BSJD.....	80
Tabela 13	-	Potencial e finalidade de uso dos poços de captação de água subterrânea nas usinas de cana da BSJD.....	80
Tabela 14	-	Coordenadas e rios dos pontos de captação de água superficial nas usinas de cana da BSJD.....	81

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**.....	10
2	**OBJETIVO**.....	13
3	**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**.....	14
3.1	A CANA-DE-AÇÚCAR.....	14
3.2	EXPANSÃO DA ÁREA CULTIVADA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	19
3.3	A INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR	23
3.4	USINAS DE CANA INSTALADAS NA BACIA SÃO JOSÉ DOS DOURADOS.....	29
3.5	O CONSUMO DA ÁGUA NAS INDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRAS.....	30
3.6	BACIA HIDROGRÁFICA.....	37
3.7	GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	37
3.7.1	***Outorga: captação e lançamento***.....	38
3.8	SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	39
4	**MATERIAIS E MÉTODOS**.....	43
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	43
4.1.1	***Municípios***.....	44
4.1.2	***Clima***.....	45
4.1.3	***Pluviometria***	46
4.1.4	***Hidrologia***.....	48
4.1.5	***Geologia***.....	48
4.1.6	***Geomorfologia***.....	49
4.1.7	***Pedologia***.....	49
4.1.7	***Fluviometria***.....	50
4.2	CONTROLE DE EROSÕE.....	53
4.3	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	53
4.4	AS SAFRAS DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	54
4.5	OS DADOS DE OUTORGA DO USO DA ÁGUA.....	55
5	**RESULTADOS E DISCUSÕES.....**.....	56
5.1	A CANA DE AÇÚCAR NA BACIA SÃO JOSÉ DOS DOURADOS.....	56
5.2	A TENDÊNCIA DA CULTURA CANA DE AÇÚCAR.....	71
5.3	INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA NA BACIA SÃO JOSÉ DOS DOURADOS.....	76
5.3	O CONSUMO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA DE CANA NA BACIA SÃO JOSÉ DOS DOURADOS.....	79
6	**CONCLUSÕES**.....	83
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
	APENDICE A.....	90

APENDICE B..... 91

APENDICE C..... 92

1 INTRODUÇÃO

A geração de combustíveis renováveis sempre foi uma necessidade mundial. No Brasil, a manobra do Governo Federal em 1979, elegeu a agricultura como um dos setores prioritários de ação, e junto a esta manobra a solução do problema energético começou a ganhar força no país.

Com a solidificação do programa de incentivo ao consumo do álcool em 1975 o Pró-Álcool, houve a necessidade do aumento da produção da matéria prima, a cana-de-açúcar. Muitas regiões do país começaram aumentar a produção da cana.

O estado de São Paulo, o maior produtor de cana-de-açúcar na atualidade, teve uma grande expansão da área de produção. Uma das regiões do estado que se destacou foi a Bacia São José dos Dourados, onde a cultura da cana encontrou condições favoráveis ao desenvolvimento, como clima propício, grandes quantidade de área disponível e solo fértil a custos atrativos.

Conforme apresentado por Igrecias (2009), a Bacia São José dos Dourados sofreu recentemente uma alteração em seu uso e ocupação. As áreas de pastagens que antes eram predominantes foram substituídas por áreas de plantio de cana-de-açúcar, e essa mudança se deve à implantação de agroindústrias sucroenergéticas próximas às margens do rio São José dos Dourados.

A cultura cana-de-açúcar é um potencial gerador de energia renovável, contribui para a substituição de combustíveis fósseis e desenvolve um cenário agro-energético promissor. Essa atividade é reconhecida também por transformar as características das regiões onde atua.

A expansão da produção de cana-de-açúcar pode ocasionar diversos tipos de impactos, sejam eles diretos ou indiretos, Como por exemplo, a influência na característica hídrica da região, pois gera um consumo alto de água na indústria. Outro exemplo é a redução da biodiversidade com o aumento do desmatamento e implantação da monocultura.

Para acompanhar o crescimento da cultura na região o setor industrial da cana também ficou maior. Novas unidades de indústrias sucroalcooleiras foram instaladas para aproveitar este potencial de produção. Com o aumento da atividade industrial na BSJD o consumo de água também ficou maior, os múltiplos processos, tais como: esquentar, resfriar, produção de vapor, são grandes consumidores de água, ainda somando as atividades de limpeza o volume é bastante expressivo.

Apesar da utilização da irrigação na lavoura da cana ser frequente na região Centro-Sul do Brasil, na Bacia São José dos Dourados a irrigação das lavouras não é muito comum, exceto para utilização da vinhaça na fertirrigação.

O aumento no consumo de água de uma região necessita de um acompanhamento para evitar uma exploração predatória, garantindo a preservação dos recursos hídricos. A expansão das atividades humanas pode gerar impactos nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, por isso, é importante determinar uma melhor utilização dos recursos hídricos, aliado a um uso mais racional e eficiente.

De acordo com Freitas (1998), em relação à produção agrícola, a água pode vir a representar até 90% da composição física das plantas. Na indústria, a quantidade de água gasta para a industrialização de produtos é muito grande, sendo em muitos casos superiores ao produzido.

Segundo Almeida e Santos (2003), 70% de toda a água doce do mundo é utilizada para produção de alimentos. Ainda segundo os autores, no Brasil, as reservas de águas subterrâneas nos aquíferos são estimadas em 112.000 km³, sendo a parcela utilizável, em condições hidrológicas equilibradas, de 800 km³/ano.

Settiet al. (2001), definem que para fins de determinação da demanda, há dois grupos de indústrias, as de grandes consumidores, como por exemplo, usinas de cana-de-açúcar, e as de pequenos consumidores, em geral abastecidos por redes públicas, poços e rios.

A agroindústria sucroalcooleira é um usuário constante de água, no processo industrial. Na fase de processamento da cana-de-açúcar, as atividades que mais consomem água são a lavagem da cana e o resfriamento dos condensadores. Além do grande consumo de água, estas etapas geram grandes volumes de descarte de efluentes, águas residuárias e vinhaça. (MENEZES et al. 2004).

O setor sucroalcooleiro é hidrointensivo (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS et al., 2009), pois apresenta uma cadeia produtiva que deve ser gerenciada adequadamente para não provocar impactos ambientais indesejados, principalmente associados à degradação do solo e da água. Em bacias hidrográficas com menor disponibilidade de água, pode ser também um competidor expressivo pelos recursos hídricos.

De acordo com a Agência Nacional de Águas et al. (2009), para o setor industrial sucroalcooleiro o consumo de água no estado de São Paulo corresponde a

12% de todos os usos. Decorre daí uma enorme responsabilidade que deve ser assumida pelo setor, além da busca de novas tecnologias para controle e diminuição do consumo.

Com o intuito de diminuir o consumo de água no processo industrial, o setor sucroalcooleiro está adotando algumas medidas importantes, como por exemplo, a reutilização da água no próprio processo, um procedimento bastante presente nas plantas industriais do setor.

Na indústria da cana, embora o consumo de água tenha diminuído, podendo chegar, segundo Pimentel et al. (2004) a 2m³ por tonelada de cana moída, ainda é muito grande o volume de água gasto para processar a matéria prima.Para suprir a necessidade de água, as usinas da cana são instaladas estrategicamente próximas aos cursos d'água, ou procuram a água subterrânea, onde a exploração é feita por meio de poços de captação.

O setor industrial sucroalcooleiro gera muitos impactos ao seu redor. Além da poluição, como fumaça e resíduo, a indústria da cana pode afetar o sistema hídrico, pois, os grandes volumes de captação de água pela indústria podem alterar o regime de escoamento do curso d'água.

De acordo com Prado (2002), os diversos usos dos recursos hídricos provocam uma diminuição em sua qualidade, ainda mais intenso quando existe a ação do homem, que além de influenciar na qualidade, acaba gerando conflitos dentre os múltiplos usos.

Outro importante ponto na escolha da região de implantação da indústria da cana é a presença de grandes áreas para cultivo da matéria prima, além de condições climáticas propícia, o setor procura áreas que necessitam de baixo investimento para produção desta matéria prima.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é diagnosticar o aumento do cultivo da cultura cana-de-açúcar na Bacia São José dos Dourados e avaliar as possibilidades de crescimento ou diminuição do setor para os próximos anos. Identificar as usinas instaladas na área de estudo e o tipo de água que é consumida em seu processo Industrial.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1A cana de açúcar

A cana-de-açúcar é uma das mais antigas culturas da humanidade, no Ocidente, a cana-de-açúcar foi observada por alguns generais de Alexandre, o Grande, em 327 a.C. Esta cultura está presente na economia brasileira desde o começo da colonização do Brasil. As primeiras mudas foram trazidas da Ilha da Madeira, em Portugal, no século XVI por Martim Afonso de Souza, responsável pela instalação do primeiro engenho brasileiro em São Vicente no ano de 1532. Em seguida, muitos outros se proliferaram pela costa brasileira, sobretudo no litoral dos estados do Pernambuco e Bahia, estados responsáveis pela maior parte da produção açucareira no Brasil colônia (MATTOS, 1942).

De acordo com Rodrigues (2006), em meados do século XIX a cana-de-açúcar perdeu espaço e deixou de ser o principal produto nacional. Segundo o autor, Portugal não assegurou à sua colônia condições para a manutenção do monopólio da cana, acrescentado à redução do consumo do açúcar no mercado europeu. Na ocasião da Proclamação da República, no ano de 1889, o açúcar ocupava o terceiro lugar nas exportações brasileiras, atrás do café e da borracha. Em 1910, havia caído para sexto lugar.

Atualmente, é notória sua importância para o crescimento econômico brasileiro. A cana de açúcar, de origem totalmente renovável, gera divisas para o país por meio da produção do açúcar e do etanol, e é encontrada em todos os Estados, sendo a região produtora de maior destaque a Centro-Sul, com cerca de 85% da produção brasileira, e as demais 15% restantes produzidos na região Norte-Nordeste. O Estado de São Paulo concentra a maior parte da produção nacional, mais de 60%.

A cultura da cana-de-açúcar se adaptou muito bem no Brasil. As regiões de clima tropical, quentes e úmidas, com chuvas bem distribuídas colaboraram para o bom desenvolvimento da cultura. Miocque (1999), afirmou que a cana-de-açúcar é uma das culturas que fisiologicamente são favorecidas pela estação quente úmida, primavera e verão, aliada a altas temperaturas e luminosidade intensa de um período de 6 meses, e um outro período com seca e frio, outono e inverno. Este

conjunto de fatores causa um ambiente ideal para o desenvolvimento da planta colaborando com sua maturação.

Outro ponto de incentivo para a produção da cana é a declividade do terreno, aqueles com inclinação abaixo de 12% proporciona a utilização da colheita mecanizada. A área da BSJD, localizada na Região administrativa de São José do Rio Preto possui grandes áreas planas que antes eram ocupadas pelas pastagens, agora substituída pela cana-de-açúcar. Segundo Rudorff et al. (2010), regiões Administrativas de Araçatuba, Presidente Prudente e São José do Rio Preto apresentaram a maior expansão da cana-de-açúcar e também a maior conversão de pastagens para cultivo desta cultura.Juntos eles foram responsáveis por 62% da pastagem convertida em cana-de-açúcar no estado de São Paulo.

Martinelli e Filoso (2008), afirmam que as indústrias de açúcar e etanol tem se beneficiado com os subsídios do governo, aumentando sua competitividade financeira. As manobras para aumentar o consumo do etanol compreendem em até manter preço da gasolina artificialmente mais alto, tudo para promover o combustível gerado por meio da cana.

Ainda segundo Rudorff et al. (2010), nestas regiões a pecuária extensiva predominava, no entanto, muitos agricultores mudaram este sistema de agricultura para uma pecuária mais intensiva tornando mais terras disponíveis para a produção de cana de açúcar. Nas RAs (regiões Administrativas) de Araçatuba e Presidente Prudente a expansão da cana em áreas de pastagens foi de 74,3 % e 76,8%,respectivamente. As RAs de São José do Rio Preto, Barretos e Franca tiveram a maior quantidade de terras agrícolas substituída pela cana, sendo responsável por 52 % da terra agrícola total convertida em cana no estado, Barretos e Franca tiveram, respectivamente, 84,8 e 88,3 % de suas áreas de expansão da cana sobre terras agrícolas.

De acordo com Rattner (2008), a expansão do cultivo da cana-de-açúcar para produção de etanol tende a competir com a produção de alimentos e estimular o avanço sobre as áreas de pasto e da soja, além de pressionar pela incorporação de terras como o cerrado e outros biomas virgens, sensíveis à poluição. Ainda segundo o autor, no Brasil, a expansão de cultivo da cana para etanol tem se concentrado em São Paulo e no Mato Grosso, causando em muitos lugares a expulsão de pequenos lavradores, incapazes de competir por causa dos custos cada vez mais elevados dos insumos.

Devido as condições favoráveis à produção da cana-de-açúcar, a Bacia São José dos Dourados teve a maior parte de sua área ocupada pela cana. A Figura 1 demonstra parte da BSJD ocupada pela cultura cana-de-açúcar em seu entorno.

Figura 1 - Cana na Bacia São José dos Dourados

Fonte: Pereira(2006)

Segundo Rosa (1990), as alterações que podem acontecer naturalmente, ou pela ação do homem, produzem impactos cuja magnitude depende não só da intensidade de mudança como também da duração temporal do evento, e que, o conhecimento das formas de utilização e ocupação das terras tornam-se necessários para minimizar os efeitos de seu mau uso, que causam a deterioração do meio ambiente.

Conforme apresentado por Linhares et al. (2005), a vegetação tem influência direta no processo de erosão, na qualidade da água, na dinâmica de nutrientes, na proteção de mananciais e na produção de água. Ainda segundo o autor, sua remoção pode alterar o meio físico, inclusive na evapotranspiração, que por sua vez altera as taxas de precipitação. Estas mudanças podem influenciar o ciclo da água dentro da bacia hidrográfica.

Bosch e Hewlett (1982) possibilitaram a estimativa segura da magnitude das alterações nos recursos de água em função da prática de manejo adotada. Hibbert

(1967) afirma que apenas alterações acima de 20% no volume de vegetação causam efeitos perceptíveis nos valores de precipitação e de vazão. Bosch e Hewlett (1982) entendem que qualquer alteração no uso e ocupação da vegetação natural provoca alteração no regime da água.

Dentro do que foi explanado por Vieira (2000), o regime hídrico é diretamente afetado pela dinâmica e manejo da vegetação, a maneira de lidar com estas tarefas pode proporcionar desde a manutenção e perfeita circulação, como também sua indisponibilidade.

Conforme apresentado por Lombardi Neto e Drugowich (1994), a ocupação por culturas temporárias gera problemas de erosão, ainda segundo os autores, mesmo em áreas adequadas para o desenvolvimento da cultura, o uso intenso de máquinas e a alta exposição direta do solo (baixa cobertura vegetal), intensificam estas ocorrências.

Segundo Grego e Vieira (2005), as condições de escoamento superficial e infiltração variam de um lugar para outro, influenciado não só pela origem de solo, mas também pelo tipo de ocupação e manejo adotados. Souza et al. (2004) defende que o tipo de uso do solo pode alterar as condições de equilíbrio, mudando o regime de infiltração desta área.

De acordo com Bertolet al. (1995), os atributos físicos do solo precisam ser monitorados, pois a intensa exploração do solo pode provocar mudanças indesejáveis, como o aumento do escoamento superficial, o carreamento de sedimentos e erosões.

Bertolet al. (1995), estudando alterações do solo, relataram que a intensa exploração e o cultivo intenso acaba compactando suas camadas, ocasionando a redução do volume de macroporos e aumento de microporos, diminuindo a taxa de infiltração e aumentando a retenção de água superficial.

A exposição do solo devida eliminação da cobertura vegetal, favorece o início da erosão hídrica com a desagregação do solo estabilizado, redução da massa e do volume das partículas de solo. O impacto direto das gotas de chuva sobre o solo desprotegido desloca as partículas desagregadas, podendo chegar em uma única chuva a uma quantidade de deslocamento de 200 t solo/ha (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

Conforme a Agência Nacional de Águas et al. (2009), a desagregação é a principal fase do processo erosivo, a argila dispersa nesse processo promove a diminuição da porosidade do solo, reduzindo as taxas de infiltração de água.

Com a diminuição da permeabilidade do solo inicia-se o escoamento superficial, que passa a arrastar o material desagregado, o transporte deste material acontece até o momento que a massa de água diminui e não é suficiente para continuar o transporte, a partir daí inicia-se o depósito dos sedimentos, processo conhecido como assoreamento.

O conjunto de processos, desagregação do solo, transporte e deposição de sedimentos é conhecido como erosão hídrica. A erosão também interfere na quantidade de água armazenada no solo, com o aumento do escoamento superficial a quantidade de água retida no solo diminui, e um menor volume fica disponível para a cultura no período de estiagem.

De acordo com o Manual da Cana-de-açúcar (2009), para diminuir os impactos negativos no solo gerados pelo cultivo da cana-de-açúcar, a adoção de sistemas de preparo de solo. Com o mínimo de operações motomecanizadas, plantio direto, cultivo mínimo, preparo reduzido, já são modalidades muito utilizadas pelos produtores da cultura.

Algumas medidas são de extrema importância, o terraceamento, por exemplo, é uma medida utilizada no cultivo da cana, e se torna um ponto positivo no cultivo desta cultura. A execução do terraceamento, por exemplo, diminui os danos causados pelo escorrimento de água superficial nas glebas destinadas ao plantio de cana-de-açúcar.

O terraceamento das áreas garante, dentro dos limites de sustentação do solo, a redução dos efeitos erosivos causados pelas águas das chuvas. Ao conter a água das chuvas dentro dos limites da área cultivada, esses terraços reduzem a velocidade das enxurradas e diminuem a ação da água na formação de erosões.

Um ganho muito importante com o terraceamento é o aumento da taxa de infiltração. Por dificultar o escoamento, os terraços garantem a permanência mais longa da água sobre o solo, aumentando a taxa de infiltração e a retenção de umidade ao longo de todo o perfil.

Um ponto crítico nas grandes áreas de plantação de cana são os corredores de circulação, estradas criadas para a locomoção de veículos e maquinários dentro da área de cultivo, visto que todo o transporte da cana é realizado por meio de

veículos motorizados e todo o processo de cultivo depende de equipamentos que utilizam estes corredores para se movimentar, estas estruturas viárias ocupam áreas consideráveis e constituem espaços para a concentração e escoamento de grande parte das águas das chuvas.

Uma solução bastante eficiente para eliminar os problemas causados pelo escoamento da água de chuva é a construção de balanços, estas estruturas têm a finalidade de reter ou minimizar a velocidade das águas de escorrimento superficial.

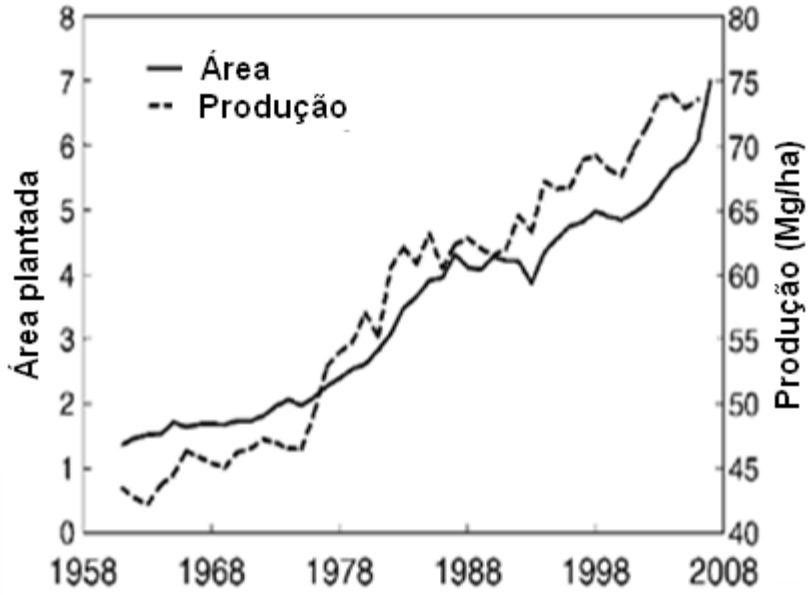
Outro ponto negativo da indústria da cana é a geração de resíduos, a vinhaça, subproduto da produção do açúcar e álcool, é agressiva ao meio ambiente, porém o uso controlado deste subproduto na forma de fertirrigação pode ser a solução para diminuir os impactos gerados por este resíduo.

A fertirrigação, nome dado a prática da irrigação com a vinhaça, deve ser controlada, pois a dosagem errada de vinhaça sobre o solo pode trazer sérios prejuízos ambientais, além disto, a alta concentração de nutrientes. Segundo SETTI et al. (2001), a utilização incorreta dos efluentes na irrigação pode acarretar, além de problemas de excessos quantitativos de nutrientes, alteração na qualidade do solo e dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

3.2 Expansão da área cultivada da cana-de-açúcar

De acordo com Martinelli e Filoso (2008), além das várias vantagens que o Brasil possui sobre os demais países, vasto território, posição geográfica,e abundância de recursos hídricos, o governo ao longo do tempo também investiu para melhoria da produção com a criação de novas técnicas, como por exemplo, o melhoramento genético da cultura na década de 1970 e 1980. A Figura 2 apresenta este aumento de produção ao longo do tempo.

Figura 2-Aumento da área plantada e da produtividade de cana-de-açúcar no Brasil 1960-2007



Fonte: Faostat(2007)

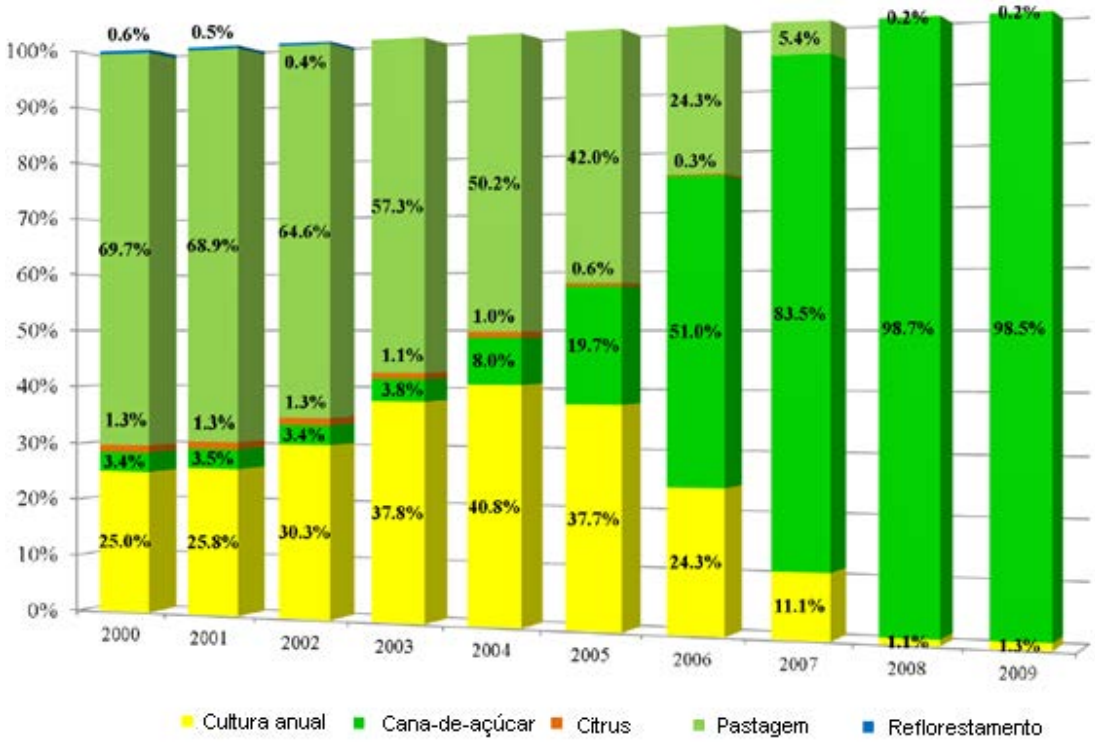
O setor sucroenergético passou por um ciclo de crescimento entre meados de 1995 à 2013 com o aumento da exportação de açúcar e a retomada do crescimento do consumo do etanol, a partir de 2001, com o início da fabricação dos automóveis bicombustíveis. A produção de cana começou a expandir em ritmo acelerado em 2002, com o anúncio do veículo bi-combustível, lançamento da indústria automobilística brasileira que possibilitaram a utilização de 2 tipos de combustíveis simultaneamente.

Segundo Rudorffet al. (2010), o Estado de São Paulo foi aquele que demonstrou a resposta mais rápida no aumento da produção de cana, matéria prima para a produção do etanol. Ainda segundo o autor, em outras regiões o cultivo da cana também aumentou. Áreas antes produtoras de culturas anuais tradicionais, como Ribeirão Preto, Franca e Barretos, cederam espaço a produção da cana, regiões que antes eram dedicadas à criação de gado, na região oeste do estado de São Paulo, como São José do Rio Preto, Araçatuba e Presidente Prudente, também passaram a cultivar grandes áreas de cana.

Na região Centro Sul, de acordo com Adami et al. (2012), ao longo do período de 2000 a 2009, as áreas reservadas a produção de gado (pastagens) foram substituídas pela cultura da cana-de-açúcar. A Figura 3 mostra o crescimento de

cada tipo de cultura na região Centro Sul do Brasil e nela é possível observar o aumento da cana e a diminuição das demais culturas.

Figura 3 - Mudança do uso da terra no período de 2000 a 2009



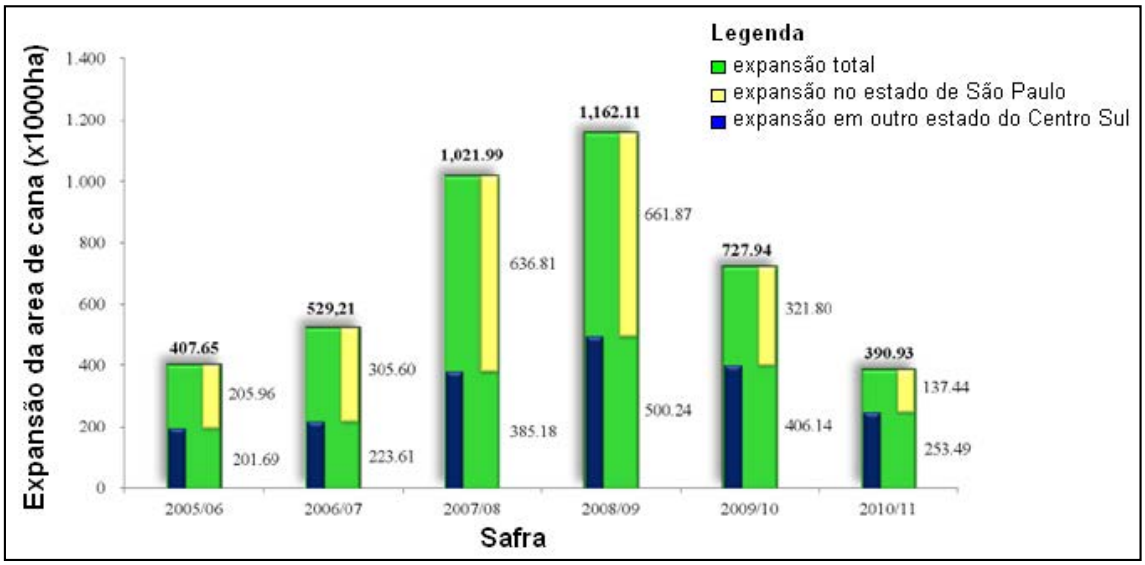
Fonte: Adami et al. (2012a)

Adami et al. (2012b) defendem que o aumento do cultivo da cana esta atrelado a presença da indústria. Segundo o autor, a proximidade com a usina estimula a maior produção, enquanto diminui os custos de transporte e facilita o tratamento da terra após a colheita.

Conforme apresentado por Silva et al. (2009), na região Centro-Sul a área total cultivada com cana-de-açúcar, nas safras 2005/06 e 2008/09, foi de 4,63 milhões ha e 7,16 milhões ha, respectivamente, um crescimento de 54,5% na área total cultivada entre as quatro safras, sendo o estado de São Paulo o maior produtor da região com 54,5% das áreas cultivadas.

Assim como no estado de São Paulo a região Centro-Sul obteve um pico de crescimento da produção entre as safras de 2006 à 2009, de acordo com o trabalho apresentado por Adami et al. (2012c), a intensidade do crescimento no cultivo da cana começa a diminuir a partir de 2009, conforme Figura 4.

Figura 4 - A expansão da cana na região Centro Sul do Brasil, destacando o estado de São Paulo



Fonte:Adami et al. (2012b).

Na última safra (2012/13), o Brasil produziu 588 milhões de toneladas de cana, matéria-prima utilizada para a produção de 38,2 milhões de toneladas de açúcar e 23,2 bilhões de litros de álcool (UNICA, 2013). A tabela 1 demonstra os valores da safra de 2013.

Tabela 1 - Produção da cana-de-açúcar no Brasil

Locais	Cana-de-açúcar *(mil toneladas)*	Açúcar *(mil toneladas)*	Etanol Anidro *(mil m³)*	Etanol Hidratado *(mil m³)*	Etanol Total *(mil m³)*
São Paulo	**329.923**	**23.289**	**5.600**	**6.230**	**11.830**
Região Centro Sul	532.758	34.097	8.730	12.632	21.362
Região Norte-Nordeste	55.719	4.149	1.115	740	1.855
Brasil	588.478	38.246	9.844	13.372	23.217

Fonte: Modificado de União da Agroindústria Canavieira de São Paulo - UNICA (2013)

No Brasil, a cultura da cana-de-açúcar, ocupa atualmente mais de sete milhões de hectares, cerca de 2% de toda terra arável do País, que é o maior produtor mundial, seguido da Índia, Tailândia e Austrália. A cana é cultivada no Brasil em duas regiões distintas, Centro-Sul e Norte-Nordeste. 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. Estes períodos distintos de safras entre as regiões é conseqüência da diferença dos regimes de chuva.

Um estudo realizado por Rodrigues (2006) apontou três fatores que segundo ele eram responsáveis pela grande fase do setor da cana nesse ano:

a) aumento do consumo no mercado interno do etanol, sucesso comercial dos veículos bicombustíveis;
b) aumento do consumo do mercado externo do etanol, incentivado por influências ambientais globais, constantes crises do petróleo e a necessidade de obtenção de segurança energética dos países;
c) aumento da exportação de açúcar, alta competitividade brasileira e à redução do subsídio à exportação de açúcar na União Européia.

Ainda segundo Rodrigues (2006), que na época projetou o mercado do setor sucroalcooleiro para o ano de 2013, o setor necessitaria de 673 milhões de toneladas de cana para atender as demandas projetadas em seu estudo, aproximando da real produção, que segundo dados da UNICA (2013) é na ordem de 600 milhões de toneladas.

Para desenvolver este trabalho, para acompanhamento dos dados da cultura da cana, foi utilizado o bando de dados do CANASAT, O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em conjunto com a UNICA, o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP) e o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) iniciaram em 2003 um projeto para avaliar o uso de imagens de sensoriamento remoto e os avanços metodológicos de classificação de imagens de satélite conhecido como CANASAT.

3.3 A indústria da cana-de-açúcar

A produção industrial dos derivados da cana aconteceu por conseqüência do conhecimento anterior de técnicas de plantio e preparo que permitiriam o desenvolvimento de tal atividade na América Portuguesa.

Para a fabricação do açúcar não bastava apenas terras férteis para a produção da cana-de-açúcar. Para que o caule da cana fosse transformado no açúcar a ser consumido em diferentes partes da Europa, era necessário que várias instalações fossem construídas. Estas instalações ficaram conhecidas como os

engenhos, os quais eram compostos por uma moenda, uma casa das caldeiras e das fornalhas e a casa de purgar.

Ao passar do tempo, a economia açucareira tomou corpo e os engenhos começaram a se espalhar rapidamente no espaço colonial, chegando no começo do século XVII a 400 unidades.

A cana-de-açúcar era colhida e levada à moenda para extração do caldo, estas moendas em grande maioria funcionavam com o uso da tração animal, conhecida como trapiche. Esse tipo de moenda era mais comum por conta dos menores gastos exigidos para a sua construção. Também havia moendas movidas pela força da água, construções que exigiam maior complexidade de implantação, como a construção do canal hidráulico, e a instalação da roda-d'água.

Todo o caldo retirado da cana era levado até a casa das caldeiras e fornalhas, onde sofria um longo processo de cozimento realizado em grandes tachos feitos de cobre. Logo em seguida, o melaço era refinado na casa de purgar, lugar onde a última etapa de refinamento do açúcar era finalmente concluída.

Devido os altos custos de implantação dos engenhos, apenas os fazendeiros com maior riqueza conseguiam construir seu próprio engenho. Por este motivo, havia aqueles fazendeiros que apenas produzia a matéria prima, a cana-de-açúcar, e utilizavam o engenho de outra propriedade para a produção do açúcar.

No final do século XIX, o Governo Imperial modernizou o setor agroindustrial instalando o Engenho Central de Piracicaba, fundado em 1881 e desativado em outubro de 1974. Ao longo do tempo, a partir desta data, alguns engenhos evoluíram e transformaram-se em usinas.

A força da agroindústria já influencia a economia brasileira desde a proclamação da república, quando nesta ocasião, o açúcar ocupava o terceiro lugar nas exportações brasileiras, atrás apenas do café e da borracha. Em 1910, tinha caído para sexta posição. A partir de 1924, a economia açucareira nordestina entrou em crise devido a queda nas exportações e pelo crescimento da produção no Estado de São Paulo.

Em 1931, o Presidente Getúlio Vargas incentivou o consumo de etanol combustível e tornou obrigatória a mistura de 5% de etanol na gasolina utilizada no País. Criou o IAA – Instituto do Açúcar e do Etanol, com o objetivo de assegurar o equilíbrio do mercado.

As dificuldades de importação de petróleo na segunda Guerra Mundial criavam um novo espaço para o etanol. A mistura carburante fez com que a cultura cana-de-açúcar expandir-se no Sudeste, especialmente em São Paulo.

Atualmente o Brasil é o maior e mais eficiente produtor de açúcar do mundo, produzindo atualmente cerca de 600 milhões de toneladas por ano (UNICA, 2013). No Brasil estima-se a existência de mais 400 indústrias de açúcar e álcool.

O aumento do setor sucroalcooleiro trouxe a preocupação com o consumo excessivo de água no processo industrial. De acordo com valores históricos da CTC desde a década de 1970, quando ainda era o Copersucar, o consumo de água no processo industrial de uma usina com um "mix" de 50% açúcar, 50% etanol era de 22m³/t de cana processada.

Pressionadas com a preocupação com o ecossistema e a recuperação do meio ambiente, as empresas buscaram alternativas para reparar o passivo ambiental gerado pelo seu processo industrial, a conservação dos recursos naturais é um ponto de muita importância. Neste contexto, uma medida adotada pelos principais estados produtores de cana foi a defesa de um protocolo que prevê a eliminação gradual de práticas de queima até 2014 para áreas mecanizáveis (declive ≤ 12%) e até 2017 para áreas não mecanizáveis (declive > 12%).

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.

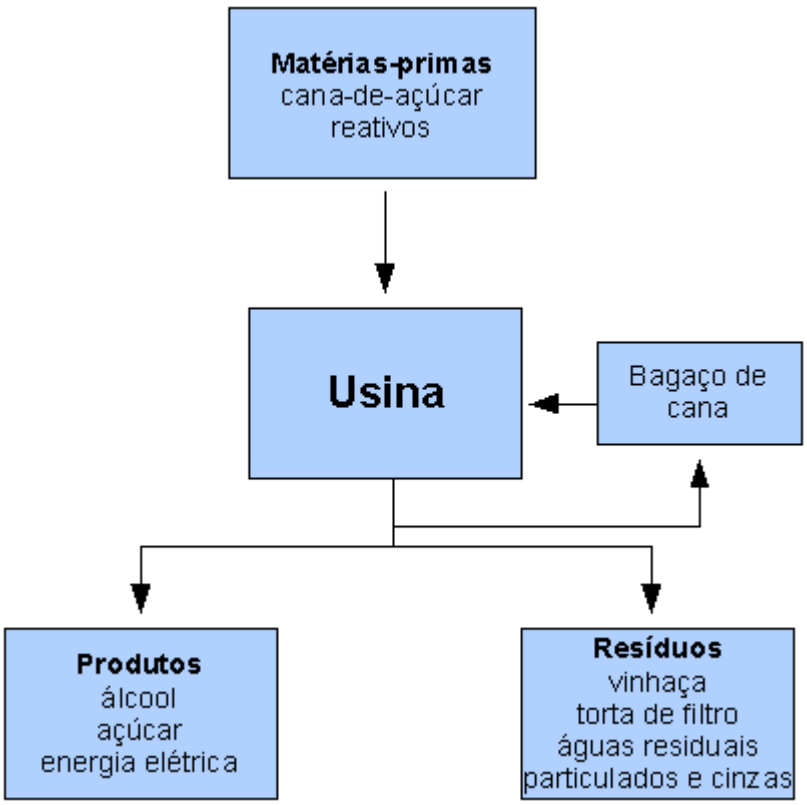
Guarnieri e Jannuzi (1992) afirmam que no setor sucro-alcooleiro as usinas têm buscado tecnologias para reduzir o consumo e a captação de água.

De acordo com valores da ÚNICA (2011), o volume de água consumido pela indústria sucroenergética diminuiu drasticamente, passando dos 22m³/t para 5m³/t e recentemente para 1m³/t em algumas usinas do setor.

O CTC sempre apontou estratégias para a diminuição da captação de água para a usina da cana. Desde 1995, quando contou com o apoio dos esforços governamentais e da sociedade civil que sustentavam a idéia da implementação da cobrança da água. Uma das diretrizes assumidas pelo setor da indústria da cana foi o uso racional com o reaproveitamento dos despejos, nas quais havia a meta sugerida para a captação da água de 1m³/t.cana, e não haveria o lançamento de efluente.

A indústria da cana-de-açúcar gera em seu processo industrial três produtos, o real objetivo, que é o álcool e a cana-de-açúcar, e dois tipos de resíduos, as águas residuárias e o bagaço da cana-de-açúcar (Figura 5). O bagaço da cana, ainda pode ser reutilizado como fonte de calor para geração de energia elétrica e para a produção de açúcar e álcool de segunda geração. A usina de cana pode gerar energia elétrica suficiente para suprir toda sua necessidade, em alguns casos, à usina também vende a energia excedente.

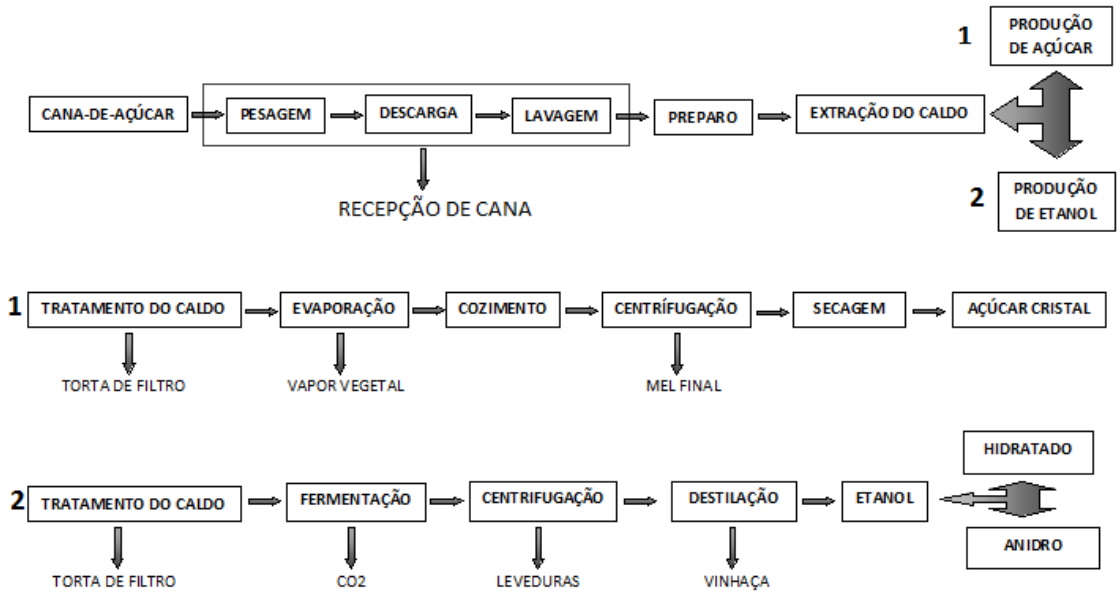
Figura 5–Produtos e resíduos da indústria canavieira



Fonte: Modificado de Lora(2000)

A industrialização da matéria prima cana-de-açúcar envolve várias etapas de produção.Desde o recebimento da cana até o armazenamento do produto final é executado uma série de processos, os quais estão esquematicamente apresentados no fluxograma de produção na Figura 6.

Figura 6 - Fluxograma de Produção de Açúcar e Etanol.



Fonte:Modificado de Lemos et al.(2010)

De acordo com Almeida (2009), os processos de extração do caldo da cana seguem a seguinte ordem:

a) lavagem e preparo

Antes de iniciar a descarga da cana que foi cortada no campo, são retiradas amostras para análises em laboratório, em seguida a cana é descarregada e limpa com água para reduzir as impurezas que possam prejudicar o rendimento das etapas subsequentes. Apenas a cana queimada é lavada. Antes da moagem, a cana deve ser lavada para retirada de toda 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, processo de extração do 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 consequentemente de fácil deterioração.

b) moagem

Depois da lavagem e preparo da cana a próxima etapa industrial consiste na extração do caldo que é realizada através de compressão da cana desfibrada nas moendas. Na moenda a cana desfibrada é prensada, expulsando o caldo do interior das células.

Buscando eficiência na extração da sacarose realiza-se a embebição, que consiste em adicionar água a cana que já foi moída uma vez, após este processo a cana é novamente submetida à moagem. A embebição composta tem função de encharcar o interior das células da cana, diluindo o açúcar ali existente, atingindo uma eficiência na extração de cerca de 96% do açúcar contido na cana. Após a extração do caldo o bagaço é aproveitado como combustível nas caldeiras.

c) Geração de vapor

Com a extração do caldo sobra 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, este vapor é destinado a todas as necessidades que envolvem o acionamento das máquinas pesadas, geração de energia elétrica e o processo de fabricação de açúcar e álcool.

Em algumas indústrias de cana, o bagaço é muito importante, por ser o combustível de todo o processo produtivo. Um bom sistema térmico é fundamental.

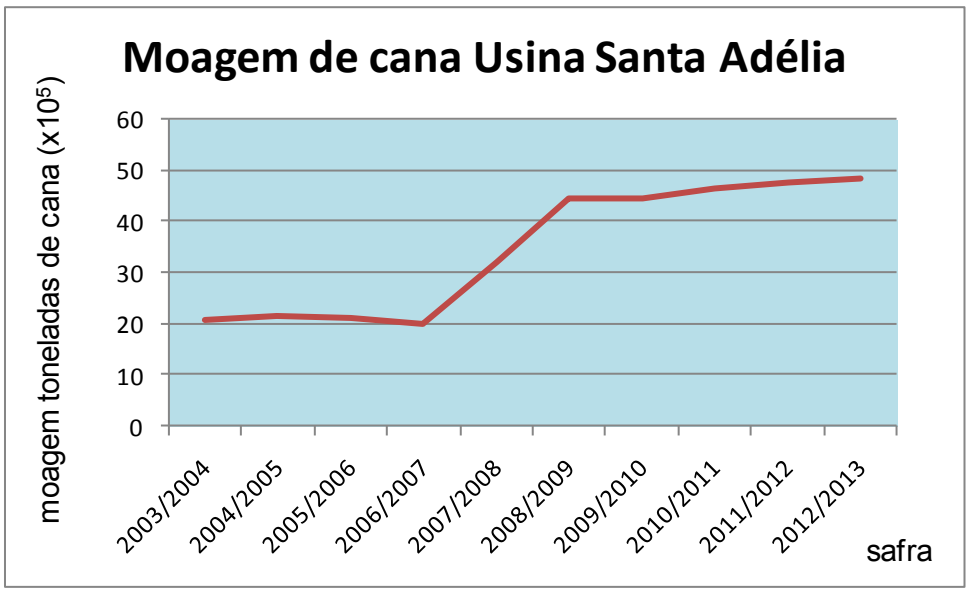
Após o processo de moagem o caldo da cana é destinado à fabricação de dois produtos, o álcool e a açúcar, cada qual com seu processo particular de fabricação.

3.4 Usinas de cana instaladas na Bacia São José dos Dourados

a) usina Santa Adélia

Localizada no município de Pereira Barreto, a Usina Santa Adélia emprega 2.100 funcionários. Com uma capacidade diária de moagem de 12.000 toneladas de cana atingi uma produção de 1.100 metros cúbicos de Etanol. (http://www.usinasantaadelia.com.br/). A Figura7 apresenta o histórico de moagem desta usina das safras de 2003 a 2013.

Figura 7 - Gráfico 1: Crescimento da cultura cana-de-açúcar na BSJD



Fonte: Próprio autor

b) Usina Generalco

Localizada no município de General Salgado-SP, foi adquirida pelo grupo ARALCO em 1999. Capacidade de moagem atual de 1,9 milhões de toneladas de cana por ano e capacidade de produção diária de 680.000 litros de etanol. (http://www.aralco.com.br/unidades.php)

c) Usina Noroeste Paulista

Localizada em Sebastianópolis do Sul-SP a usina Noroeste Paulista do grupo Novonoble tem um pontencial de produção de 18.562.000,00 litros de etanol hidratado e 130.486,00 toneladas de açúcar cristal especial.

(http://www.sucral.com.br/guia.asp?nome=NOROESTE%20PAULISTA%20-%20UNP)

d) Usina Vale do Paraná

Localizada no município de Suzanápolis a usina Vale do Paraná pertencente do grupo Unialco possui um potencial de moagem de 1,7 milhões de toneladas de cana por ano.
(http://www.sucral.com.br/guia.asp?nome=VALE%20DO%20PARAN%C1)

e) Usina Meridiano

Localizada no município de Meridiano a usina Meridiano pertencente ao grupo Noble possui um potencial de moagem de 5 milhões de toneladas de cana por ano.
(http://www.udop.com.br/index.php?item=unidades&regiao=CS&estado=SP)

Em 2012, reflexo da diminuição do crescimento do setor, a usina Oeste Paulista, localizada no município de Monte Aprazível encerrou suas atividades, a unidade industrial tinha capacidade de moagem diária de 4.200 toneladas de cana, e produção diária de 400.000 litros de etanol(http://www.sucral.com.br/guia.asp?nome=OESTE%20PAULISTA)

3.5 O consumo da água nas indústrias sucroalcooleiras

De acordo com a Agencia Nacional da Água – ANA (2002), o uso da água subterrânea é interessante por algumas vantagens:

a) são mais protegidas da poluição;
b) o custo de captação e distribuição é baixo. A captação sendo próxima da área consumidora torna viável o processo de distribuição;
c) dispensa em muitos casos o tratamento, sendo vantajoso economicamente, e mais seguro para a saúde humana;

d) os poços são perfurados à medida do aumento do consumo, dispensando grandes investimentos de uma única vez.

A água subterrânea pode ser captada no aquífero confinado ou artesiano, que se encontra entre duas camadas relativamente impermeáveis, o que dificulta a sua contaminação, ou ser captada no aqüífero não confinado ou livre, que fica próximo à superfície, e está, portanto, mais suscetível à contaminação. Em função do baixo custo e facilidade de perfuração, a captação de água do aquífero livre, é mais utilizada no Brasil (SILVA; ARAÚJO, 2003).

Após a precipitação parte da água infiltra no subsolo recarregando os aquíferos.Esta recarga depende de alguns fatores como a porosidade do solo, a cobertura vegetal, a inclinação do terreno, a intensidade da chuva.Todas estas características interferem na velocidade e volume da recarga do aquífero.

Diversos fatores podem comprometer a qualidade da água subterrânea, entre estes fatores pode-se citar: o destino final do esgoto doméstico e industrial em fossas e tanque sépticos; a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais; postos de combustíveis e a modernização da agricultura, as quais representam fontes de contaminação das águas subterrâneas por bactérias vírus patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas (SILVA; ARAÚJO, 2003).

A água superficial é aquela que escoa ou fica armazenada sobre solo, apresenta grande complexidade e intenso dinamismo devido à constante movimentação unidirecional das águas. Toda a movimentação da água superficial é provocada pela geomorfologia da bacia hidrográfica e facilitada pela gravidade, sendo estas as propriedades que diferenciam os rios dos outros ecossistemas aquáticos (BARBOSA; ESPÍNDOLA, 2003).

O conjunto de variáveis que discriminam a qualidade da água é diretamente influenciado pela variação sazonal, sendo o regime de chuvas um dos agentes de maior importância para rios e córregos. No entanto, em ambientes com forte influência antrópica, os principais fatores determinantes para as características físicas, químicas e biológicas são impactos provocados pelas atividades sócio-econômicas das populações humanas, como a geração de esgoto doméstico, efluentes das atividades industriais, comerciais, de saúde pública, etc. (SILVAet al., 2007).

As águas superficiais proveniente de rios e riachos estão sujeitas a toda espécie de impureza, pois durante os períodos de chuva recebem águas de enxurradas que carreiam substâncias poluidoras, além de receberem também águas residuais de indústrias, despejos de vilarejos e esgotos urbanos. Uma desvantagem do uso da água superficial é a necessidade do tratamento adequado para seu uso.

Conhecer o consumo de água, independente da finalidade do uso, é sempre muito importante, com esta informação é possível comparar o quão eficiente é um sistema. Na indústria este acompanhamento possibilita a melhoria dos processos que utilizam a água, minimizando os impactos gerados, seja pelo aspecto qualitativo ou quantitativo.

De acordo com Tucci (2009), a agricultura é o maior consumidor de água em todo o mundo. Ainda segundo o autor, estima-se que 69 % das águas consumidas no mundo são dedicadas à agricultura, 23 % à indústria, e 8 % ao abastecimento da população. No Brasil, essas porcentagens são, respectivamente, 68 %, 14 % e 18 %.

Conforme estudo realizado pelo IDB (INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK– IDB, 1998), entre os anos de 1990 e 2025, a demanda de água aumentaria em 70% na América do Sul, enquanto que o consumo da agricultura iria variar de 81 % para 69 % no mesmo período. O aumento apontado pelo estudo seria resultado dos percentuais correspondem à indústria e à evaporação da água dos reservatórios, porém, a agricultura continuaria sendo o principal consumidor de água, seguido pela evaporação dos reservatórios, pelo abastecimento da população e, finalmente, pela indústria.

Na década de 90 a participação do setor sucroalcooleiro na captação de água era de cerca de 13% da demanda do Estado, e cerca de 40% de todo o setor industrial, conforme o Plano Estadual de Recursos hídricos do Estado de São Paulo - PERH(1995).

A quantidade de água necessária para realizar as atividades em uma indústria é influenciada por vários fatores, como o segmento de atividade, a capacidade de produção, a idade das instalações, a prática operacional, a cultura local, a inovação tecnológica, os investimentos em pesquisa, etc.

Se considerarmos indústrias do mesmo segmento que tenham a mesma capacidade de produção, porém instaladas em regiões diferentes ou que tenham

equipamentos de diferentes épocas, a probabilidade do volume de água consumido em cada instalação não ser equivalente é muito grande.

No contexto mundial, as indústrias são responsáveis pelo consumo de 20% da água captada. Segundo Karavitis (2009), o uso total de água para fins industriais na Europa é de 39.194 hm³/ano, o que representa 18% do seu consumo deste recurso.

Na Europa as indústrias que mais consomem água são as indústrias químicas, de aço, de ferro, as metalúrgicas e as de polpa de papel, porém, estas indústrias, na maior parte dos países europeus têm buscado maneiras de diminuir o consumo de água, desde o ano de 1980 estas indústrias seguem as seguintes diretrizes.

a) Melhoramento tecnológico nos equipamentos utilizador de água, aumento da reciclagem e reutilização;
b) Mecanismo de fixação de preços para encorajar a eficiência do uso da água no setor industrial;
c) Custos pelas descargas de águas contaminadas na rede de esgotos.

O uso da água pode ser classificado em função de sua derivação, itens como a finalidade e o tipo de uso geram uma classificação que é dividida em dois grupos, o uso consuntivo (água consumida) e o uso não consuntivo (água não consumida). As perdas e os efeitos da utilização são fatores que também determinam a o tipo de classificação do uso da água.

No caso da indústria sucroalcooleira, temos um uso consuntivo que é determinado pelo consumo do volume de água utilizado. A devolução acontece em uma quantidade menor e/ou com qualidade inferior, comparado ao volume explorado, ou seja, parte da água retirada é perdida durante seu uso.

No Brasil de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), a indústria é responsável pelo consumo de 18% de toda a água captada.

Segundo o Manual de Conservação e Reúso da Àgua na Agroindústria Sucroenergética, é considerado na estimativa de volume médio consumido, apenas a água utilizada no processo industrial que não retornou ao corpo receptor.

A CTC baseada em valores históricos, obtidos do acúmulo de conhecimento desde a década de 1970, chegou ao uso médio estimado de 21 m³/t.cana,

porém,segundo a CTC, este volume não reflete necessariamente a captação nem ao consumo de água, e sim ao volume de água que não retornou ao corpo receptor, parte desta água passa a recircular no sistema, tornando o volume de captação por m³/cana processada menor.

Ainda segundo o CTC, o gasto específico de água é maior na produção do açúcar, os 21m³/t.cana, consumo médio em uma usina de produção mista, 50% de açúcar e 50% de álcool, reduz para 15m³/t.cana caso a destilaria produza apenas o álcool, o que representa cerca de 72% do uso de uma usina com destilaria anexa. As usinas de cana com o mix de produção representam a maior parte do setor, e a produção gira em cerca de 50% de cana para açúcar e 50% para o álcool.

Segundo Pimentel et al. (2004), as atividades que mais consomem água são a lavagem da cana e os condensadores barométricos, o primeiro processo comum na produção do açúcar e álcool, e o segundo integrante do processo de produção de açúcar.

A lavagem da cana-de-açúcar objetiva a retirada de sujeiras remanescente do corte, principalmente da terra que fica agregada à planta. Esta etapa é de extrema importância para assegurar a qualidade do processo de produção e também do produto final.

O reuso da água na lavagem da cana-de-açúcar é uma alternativa que diminui o consumo de água no processo industrial, a reutilização de águas residuárias oferece vantagens do ponto de vista da proteção do ambiente diminuindo a poluição dos meios hídricos, antes receptores destes efluentes, diminuindo os volumes de captação pela indústria e também proporcionando a recarga dos aquíferos.

Segundo Almeida e Santos (2003) entende-se por reuso a utilização de águas servidas pós-tratadas para atendimento do processo industrial e a reutilização como sendo o emprego de águas servidas para outras finalidades sem a necessidade de tratamento específico.

Uma promissora tecnologia, que visa a diminuição do consumo da água no processo de lavagem, é a limpeza da cana a seco, esta tecnologia pretende zerar o consumo de água neste processo, contribuindo para uma produção mais sustentável.

A lavagem a seco da cana é um dos controles sugeridos ao setor da indústria da cana pelo CTC e têm como base o gerenciamento de águas, propunham a

diminuição da captação e um maior reaproveitamento dos efluentes, estas diretrizes podem acelerar com a incorporação de novas tecnologias, como: a eliminação da necessidade da lavagem de cana, a biodigestão de vinhaça com o aproveitamento do potencial energético da transformação da matéria orgânica em metano e a recirculação da vinhaça após tratamento terciário.

Toda a água utilizada nos condensadores barométricos, o qual utiliza a água para promover a condensação dos vapores do último efeito do conjunto de evaporação e a formação de vácuo no equipamento, é reciclada para ser reutilizada em processos como o de resfriamento da fábrica.

A coleta de água é feita para suprir a necessidade dos circuitos fechados, diluição do leite de leveduras, uso potável e limpeza geral. Outros consumos, como água de inibição, preparo do leite de cal, lavagem da torta de filtro, diluição de méis e lavagem do açúcar nas centrífugas, são atendidos pela água reutilizada dos condensados barométricos.

A Tabela 2 apresenta os volumes médios de água consumidos nos processos de industrialização da matéria prima cana-de-açúcar.

Tabela 2 - Usos médios da água em unidades produtoras de açúcar e etanol

Setor	Finalidade		Uso Específico	Uso médio	
				m³/tcana	%
Alimentação, preparo e extração (moendas e difusores	Lavagem de cana		2,200m³/t cana total	2,2	9,9
	Ebebição		0,250m³/t cana total	0,25	1,1
	Resfriamento de mancais		0,035m³/t cana total	0,035	0,2
	Resfriamento óleo		0,130 m³/t cana total	0,13	0,6
		Subtotal		2,615	11,8
Tratamento de caldo	Resfriamento coluna sulfitação (*1)		0,100m³/ t cana açúcar	0,05	0,2
	Preparação de leite de cal		0,030m³/t cana total	30	0,1
	Preparo de polímero (*1)		0,015m³/t cana açúcar	0,008	0
	Aquecimento do caldo	p/açúcar(*1)	160Kg*vapor/t cana açúcar	0,08	0,4
		p/etanol (*2 e (*4)	50Kg*vapor/t cana etanol	0,025	0,1
	Lavagem da torta		0,030m³/t cana total	0,03	1
	Condensadores dos filtros		0,300 a 0,350m³/t cana total	0,35	1,6
		Subtotal		0,573	2,6
Fábrica de açúcar	Vapor para evaporação		0,414 t/t cana açúcar	0,207	0,9
	Condensadores/multijatos evaporação		4 a 5 m³/t cana açúcar	2,25	10,2
	Vapor para cozimento		0,170 t/t cana açúcar	0,085	0,4
	Condensadores/multijatos cozedores		8 a 15m³/t cana açúcar	5,75	26
	Diluição de méis e magas		0,050 m³/t cana açúcar	0,03	0,1
	Retardamento do cozimento		0,020 m³/t cana açúcar	0,01	0
	Lavagem de açúcar (1/3 água e 2/3 vapor)		0,030m³/t cana açúcar	0,015	0,1
	Retentor de pó de açúcar		0,040 m³/t cana açúcar	0,02	0,1
		Subtotal		8,367	37,8
Fermentação (*2)	Preparo do mosto		0 a 10 $m^3/m^3_{etanol\ residual}$	0,1	0,5
	Resfriamento do caldo		30 m^3/m^3_{etanol}	1,25	5,6
	Preparo do pé de cuba		0,010 m^3/m^3_{etanol}	0,001	0
	Lavagem gases CO_2 fermentação		1,5 a 3,6 m^3/m^3_{etanol}	0,015	0,1
	Resfriamento de dornas		60 a 80 m^3/m^3_{etanol}	3,00	13,6
		Subtotal		3,86	17,4
Geração de energia	Produção de vapor direto		400 a 600 Kg/t cana total	0,5	2,3
	Dessuperaquecimento		0,030 L/kg vapor	0,015	0,1
	Lavagem de gases da caldeira		2,o m³/ t vapor	1	4,5
	Limpeza dos cinzeiros		0,500 m³/t vapor	0,25	1,1
	Resfriamento óleo e ar dos turbogeradores		15 L/kW	0,5	2,3
	Água torres de condensação (*3)		38m³/t vapor	6,0 (*3)	27,1
		Subtotal		2,265	10,2
Outros	Limpeza pisos e equipamentos		0,050 m³/t cana total	0,05	0,2
	Uso potável		7- L/funcionário.dia	0,03	0,1
		Subtotal		0,08	4
		Total		22,126	100

(*1) itens que não participam do processo do etanol;
(*2) os que não participam do processo de açúcar;
(*3) os que participam apenas no caso de produção de energia excedente não sendo computado nas somas;
(*4) recuperando-se o calor do caldo para mosto.
Fonte: ANA (2009)

O CTC defende que o consumo de água na indústria da cana, que é a diferença entre o captado e o lançado, deve ficar ao redor da captação, ou seja, 1m³/t. cana. Na realidade este consumo é maior, pois a própria cana traz consigo cerca de 70% de água que indiretamente também é consumida no processo, mas isto não representa uso de recursos hídricos.

3.6 Bacia hidrográfica

Pode-se também definir bacia hidrográfica como sendo uma área definida e fechada topograficamente onde todo volume drenado, ou vazão afluente pode ser medida ou descarregada por um único ponto (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

A função hidrológica"[...] de uma bacia hidrográfica é transformar uma entrada de volume concentrado no tempo (precipitação) em uma saída de água (escoamento) de forma mais distribuída no tempo [...]". (TUCCI, 2009, p. 41).
Gerra e Cunha (1996), afirmam que as bacias hidrográficas são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais, devido a possibilidade de determinar as mudanças causadas pelas ações antrópicas.

Segundo Igrecias (2009), para maior compreensão dos processos de degradação do recurso hídrico é necessário o conhecimento sobre a bacia hidrográfica, suas características naturais, as atividades desenvolvidas e os possíveis impactos nos cursos de água.

3.7 Gestão de Recursos Hídricos

Objetivando preservar a qualidade e quantidade dos recursos de uma bacia hidrográfica, a gestão de recursos hídricos utiliza diferentes ações para regular, controlar e proteger, sempre em conformidade com a legislação e normas pertinentes. Por meio de projetos e atividades desenvolve além da gestão também a recuperação e preservação de nascentes, mananciais e cursos d'água.

O acesso aos recursos hídricos é direito de todos, e objetiva atender às necessidades essenciais da sobrevivência humana. A gestão dos recursos hídricos defende que os recursos hídricos é um bem público, de valor econômico, cuja utilização deve ser tarifada. A bacia hidrográfica é a unidade básica de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. O aproveitamento dos recursos hídricos deverá ser feito racionalmente para garantia do desenvolvimento e a preservação do meio ambiente.

O desenvolvimento sustentável compreende ações que visam garantir os padrões de qualidade e quantidade da água dentro da bacia hidrográfica, para isto é necessário integrar a gestão da água em função dos seus diferentes tipos de uso, das diferentes dimensões de conhecimento que estão envolvidas e dos diferentes tipos de instituições, para assim garantir as condições da sustentabilidade.

3.7.1 Outorga: captação e lançamento

A Constituição de 1988 estabeleceu que a água é 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 a outorga para utilização e para as águas de domínio dos Estados e do Distrito Federal compete aos órgãos gestores dos Sistemas Estaduais a emissão da outorga. Estas concessões de outorgas devem ter como base as diretrizes estabelecidas em legislações específicas de cada Estado.

A outorga é necessária para todo o tipo de uso da água, como por exemplo, a água utilizada no abastecimento doméstico, para fins industriais ou irrigação,para lançamento de efluentes industriais ou domésticos, para construção de obras hidráulicas,para serviços de desassoreamento e de limpeza de margens, precedem de outorga.

O objetivo da outorga é assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água superficial e subterrânea, e garantir o efetivo exercício do direito de acesso à água.

A Política Nacional de Recursos Hídricos águas, o artigo 12 da Lei 9433/97, 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 aqüífero 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.

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.

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.

Do ponto de vista qualitativo, a proteção dos recursos hídricos depende fundamentalmente de medidas disciplinadoras do uso do solo na bacia. A qualidade final da água no rio, lago ou reservatório, é conseqüência das atividades antrópicas desenvolvidas em toda a bacia hidrográfica, pois cada uso, altera um espaço físico, e esta alteração produz um efeito específico e característico. (PORTO, 1991).

3.8 Sistema de informações geográficas

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) constituem uma estrutura para processamento de dados, viabilização do Geoprocessamento em conjunto de procedimentos computacionais.

Operando sobre uma base de dados integrada, o geoprocessamento possibilita a execução de análises e cálculos que variam desde a álgebra cumulativa (operações tipo soma, subtração, multiplicação, divisão, etc) até álgebra não cumulativa (operações lógicas).

O Geoprocessamento permite a elaboração de mapas politemáticos (contendo dados qualitativos e quantitativos), que possibilitam a execução de reformulações e sínteses sobre os dados ambientais disponíveis, constituindo-se em instrumento de grande potencial para o estabelecimento de planos integrados de conservação do solo e da água.

Segundo Korte (2001), o SIG é uma ferramenta utilizada para análises de informações geográficas, que usam funções de dados geométricos ligados às tabelas de atributos alfanuméricos. Essas ligações são feitas por meio de um identificador (chave).

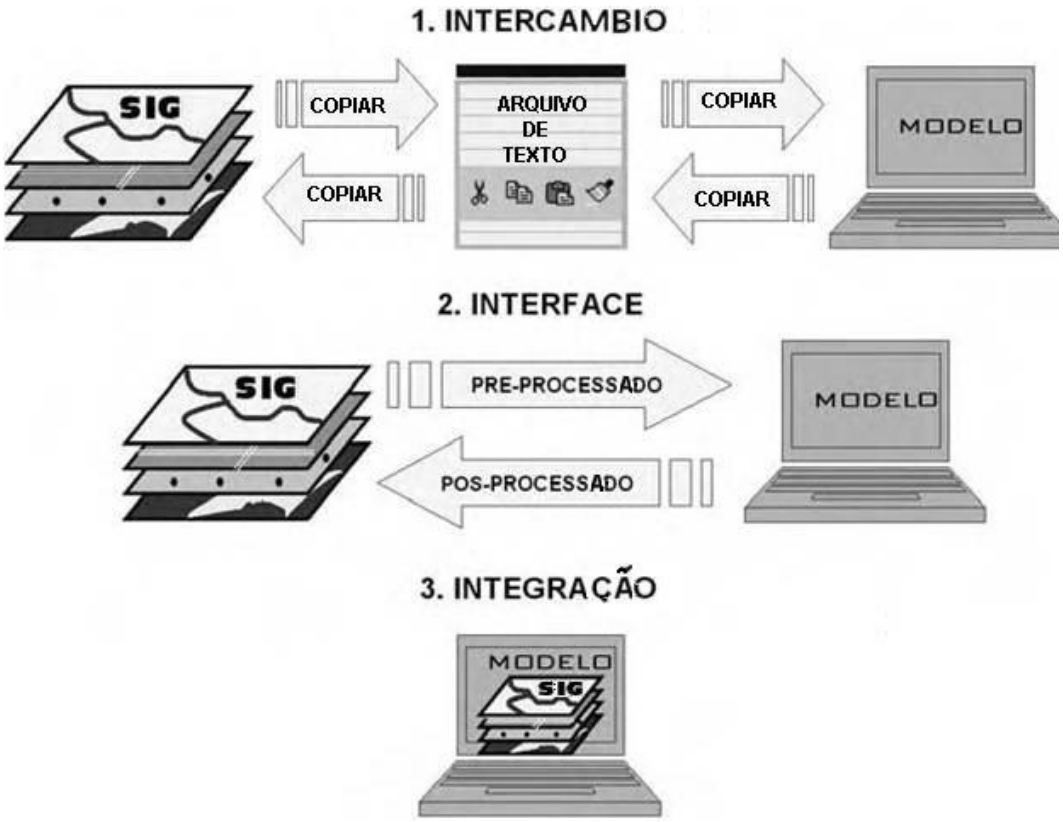
Um sistema GIS integra dados de múltiplas fontes, ajudando os decisores em análises complexas. O GIS também pode proporcionar uma comunicação rápida dos resultados, por meio de gráficos, mapas e outros mecanismos de apresentação de informação, possibilitando que esta seja instantaneamente percebida por todos os colaboradores de uma organização.

A representação do modelo é gerada por meio de células que são caracterizadas por uma série de parâmetros, quantitativos e qualitativos. A união dessas células geram o modelo representativo.

O Sistema de Informação Geográfica separa a informação em diferentes camadas temáticas e armazena-as independentemente, permitindo trabalhar com elas de modo rápido e simples. O operador ou utilizador pode relacionar as informações existentes por meio da posição e topologia dos objetos, com o fim de gerar nova informação.

Uma enorme distinção do geoprocessamento é a capacidade de sobreposição de mapas, não simplesmente um mapa sobre o outro, mas a capacidade de operações de análise dos dados dos mapas. (Figura 8)

Figura 8 - Modelo de processamento de dados



Fonte: Traduzido de Shamsi (2005)

Um banco de dados espacial é um dos principais componentes de um SIG, pois é nele que estão armazenadas as referências da relação do dado com o mundo real, principalmente no que tange à geografia. Por meio do banco de dados espacial é possível um SIG realizar processamentos geométricos, análise espacial e fazer relação entre dados convencionais e espaciais.

Modelos matemáticos integrados a sistemas de Informações Geográficas permitem manipular informações climatológicas e físicas, componentes do balanço hídrico são formados em cada pequeno trecho de área denominado célula. A união das células forma a área de estudo em questão.

De acordo com Coelho (2007), o SIG tornou-se tornado, nas ultimas décadas uma ferramenta valiosa nas mais diversas áreas do saber. Este sistema constitui um ambiente tecnológico e organizacional que tem cada vez mais ganho de adeptos no mundo, não só para as análises geográficas, como as demais ciências, a exemplo, da Medicina, Geologia, Pedologia, Biologia (ecologia), etc, caracterizado como uma ferramenta Multidisciplinar.

O uso dessas ferramentas, modelos matemático, técnicas de sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas, ou a combinações de todas, podem gerar simulações para monitorar uma rede de irrigação, por exemplo, solucionando problemas como desperdícios e impactos no ciclo hidrológico. Porém, o sistema de informações geográficas possui limitações quanto a representação da “realidade” na área de estudo.

Segundo Shamsi (2005), o setor industrial da água tem crescido no mundo todo, nos Estados Unidos, por exemplo, no ano de 2000 foram gastos em sistemas de abastecimento de água e em serviços de qualidade de tratamento de efluentes um total de $103 bilhões, sendo $31 bilhões em tratamento de efluente e $29 bilhões em abastecimento.

Ainda segundo Shamsi (2005), um dos grandes desafios das grandes cidades com relação aos sistemas de abastecimento, coleta de esgotos e drenagem, é o gerenciamento das informações sobre manutenção e demanda de novas redes de infra-estrutura.

A fim de auxiliar o gerenciamento dos recursos hídricos, superficial e subterrâneo, um sistema de gerenciamento de estratégias emergências, concessão de outorgas, operação de sistemas hidráulicos, administração de obras, macroplanejamento e disseminação de informações, pode ser muito utilizado em cunho aplicativo e/ou informativo.

No âmbito nacional, o macroplanejamento por geoprocessamento, é uma forma de divulgar informações para profissionais que tenham a necessidade desse conhecimento, no estado de São Paulo, o SIGRI (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo) visa não só informar, mas também trocar experiências com Comitês de Bacias, incluindo a alimentação de seu banco de dados.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

Localizada no extremo noroeste do Estado de São Paulo, com extensão territorial 6.825 km² (SÃO PAULO, 1997), a Bacia Hidrográfica do rio São José dos Dourados foi definida como a Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Nº18 - UGRHI-18 pela Lei nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994 (INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA - IPT, 1999).

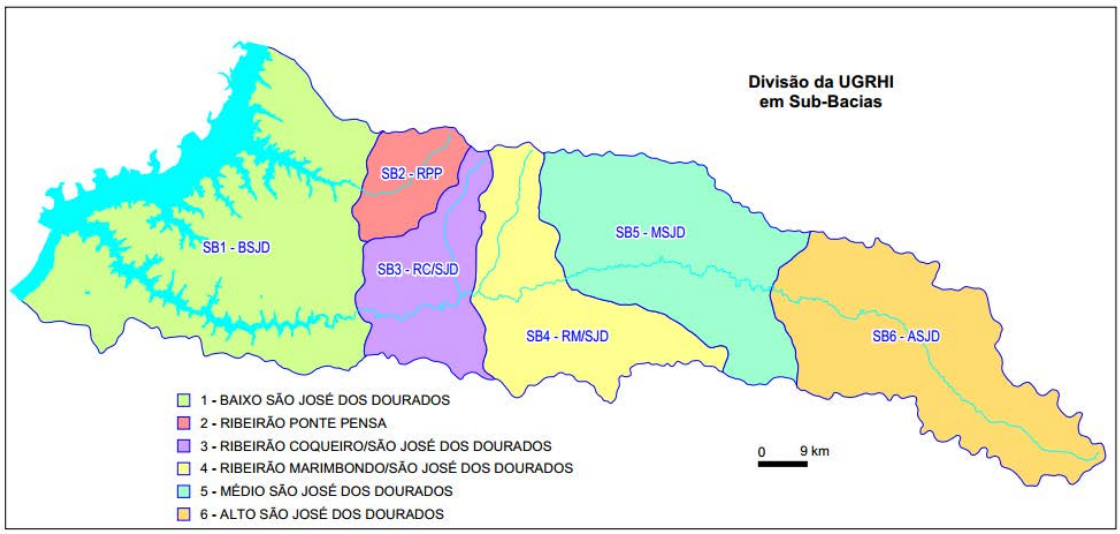
A Bacia Hidrográfica é definida pelo rio São José dos Dourados e seus tributários, somando ainda áreas que drenam diretamente para o rio Paraná, estas, situadas na porção oeste da BSJD. Em toda a extensão de sua área a Bacia Hidrográfica abriga 41municípios, dos quais 25 municípios são sediados em seu território. (IPT, 1999).

A Bacia Hidrográfica do rio São José dos Dourados, apresenta sua maior altitude no extremo leste da bacia, na região de Neves Paulista, com uma cota de 570 m, e a cota mínima, pouco inferior a 300m, no extremo oeste da bacia, junto ao município de Ilha Solteira, na confluência do rio São José dos Dourados com o rio Paraná. (IPT, 1999).

A área da Bacia Hidrográfica do rio São José dos Dourados foi objeto de divisão em seis sub-bacias, as quais foram designadas com o nome do curso d'água principal ou com nomes das drenagens principais, (1) Baixo São José dos Dourados (área 2.247,1 km²), (2) Ribeirão Ponte Pensa (área 305,6 km2), (3) Ribeirão Coqueiro/Rio São José dos Dourados (área 637,3 km2), (4) Ribeirão Marimbondo/Rio São dos Dourados (área 933,9 km2), (5) Médio São José dos Dourados (área 1.281,5 km2) e (6) Alto São José dos Dourados (área 1.387,8 km2).

A Figura 9 apresenta a divisão da BSJD nas seis sub-bacias.

Figura 9 - Divisão da BSJD em sub-bacias.

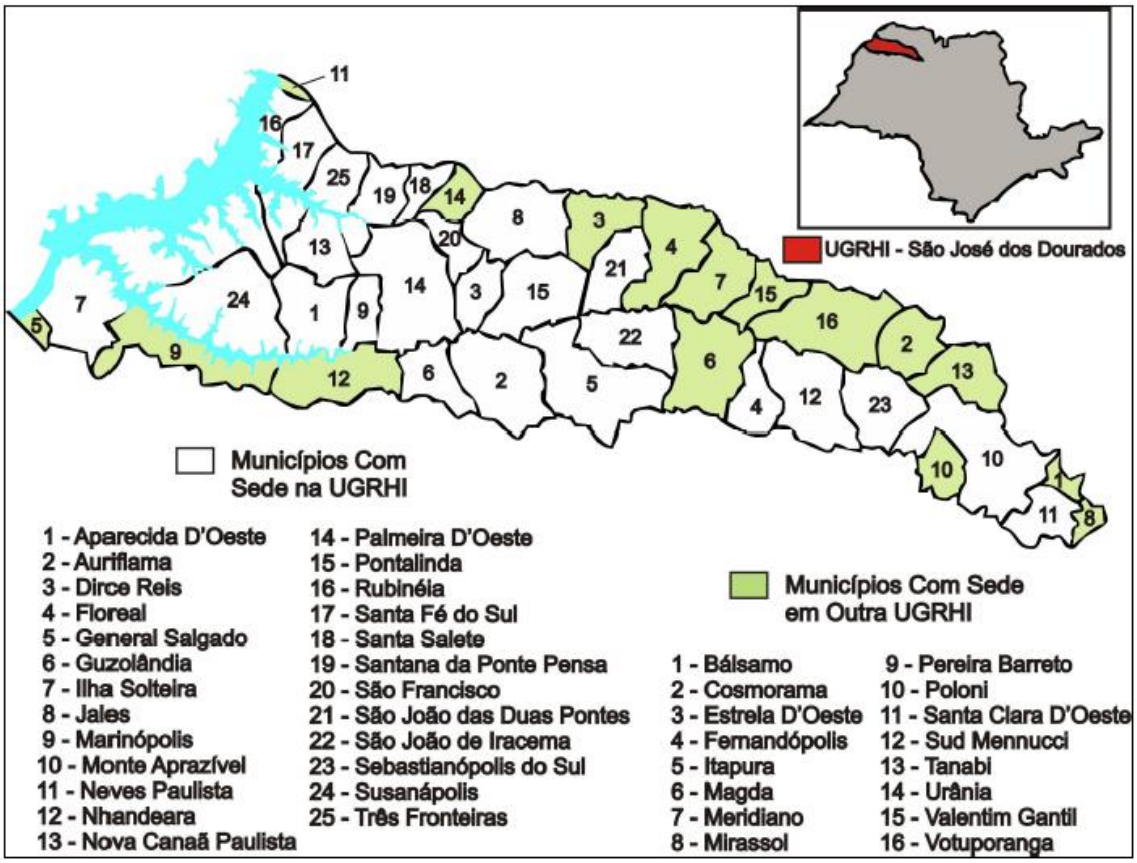


Fonte: IPT (1999)

4.1.1Municípios

Em 1940, a região contava com apenas 4 municípios, os quais se estendiam além das suas divisas atuais. Hoje, a bacia abrange a área de 41 municípios, sendo 25 municípios com sede na UGRHI e 16 em outras UGRHI's, conforme Figura 10. (IPT, 1999)

Figura 10 - Localização da UGRHI São José dos Dourados e seus municípios.



Fonte: IPT(1999)

4.1.2 Clima

Segundo a classificação climática de Köeppen (1948), a região apresenta um clima tropical (Aw), ou seja, temperaturas elevadas com chuva no verão e seca no inverno. As temperaturas médias anuais variam de 22° a 23ºC (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994), com as médias máximas em janeiro entre 31°C a 32ºC e as médias mínimas em julho entre 13°C a 14ºC (IPT, 1999).

Durante o mês mais quente (Janeiro) a temperatura está entre 24º C e 25º C nas cabeceiras do São José e espigão divisor entre São José e Tietê e 25º C no médio e baixo São José.

O primeiro sistema que abrange o médio e baixo curso do São José caracteriza-se por um clima tropical úmido, inverno seco, com total de chuvas no mês mais seco de menos de 30 mm.

4.1.3 Pluviometria

A precipitação pluvial pode ser estimada por meios probabilísticos, verificando por modeles teóricos de distribuição as ocorrências que aconteceram em uma série de dados (FIETZ et al., 1997a). Precipitação provável é a precipitação possível de acontecer, evidenciada pela ocorrência específica presente em uma série de dados, ou seja, aquela que ocorre sistematicamente em períodos conhecidos (FIETZ et al., 1997b).

A região foi classificada pela efetividade da precipitação como um clima úmido, variando com precipitações de menos de 60 mm nos meses de seca, a precipitações mensais com mais de 260 mm nos meses com maior precipitação, apresentando média anual de 1.250 a 1.353 mm (SETZER, 1966).

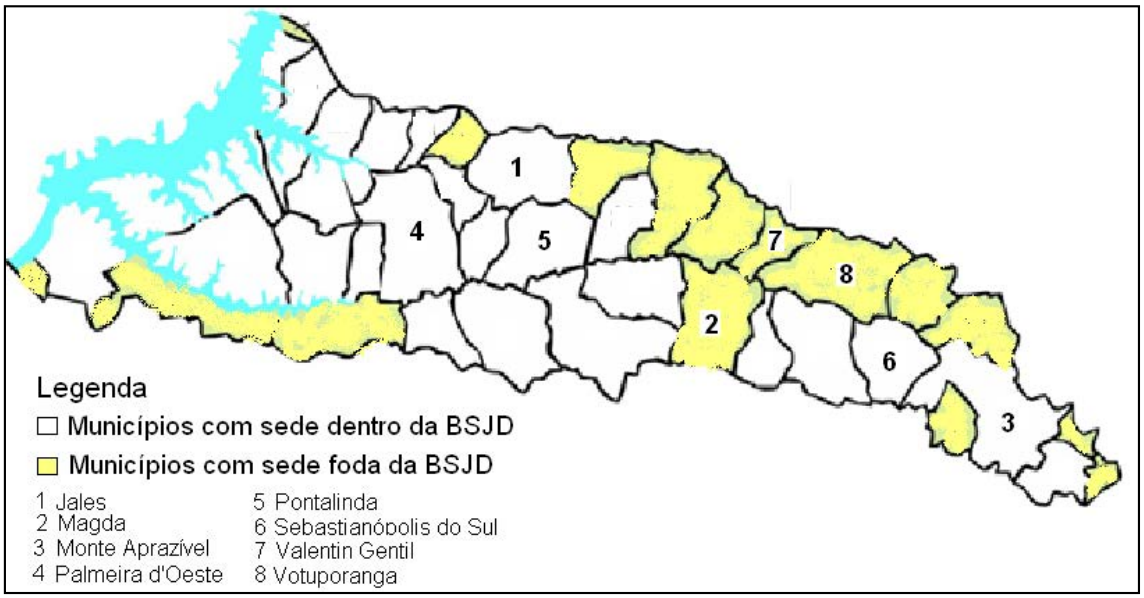
Para conhecimento da precipitação na BSJD foram levantados dados de precipitação no período entre os anos de 2004 à 2013. O banco de dados utilizado pertence ao Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), estes dados foram disponibilizados em uma planilha de Excel. Foi gerado uma média aritmética entre os dados captados em 8 municípios que compõe a BSJD. A Tabela 03 traz os valores médios anuais de precipitação por Município, a localização dos municípios é ilustrada na figura 11.

Tabela 03 – Média pluviométrica nos municípios da BSJD

Município/mês	jan (mm)	fev (mm)	mar (mm)	abr (mm)	mai (mm)	jun (mm)	jul (mm)	ago (mm)	set (mm)	out (mm)	nov (mm)	dez (mm)
Jales	289,8	194,6	169,7	60,1	56	45,4	15,8	10,5	64,8	96,9	122,1	239,4
Magda	294,7	167,4	135,9	65	59	37,1	21,9	14,3	70,7	93,2	83,8	165,9
Monte Aprazível	289,7	138,1	148,7	55,6	55,8	38,7	16,6	13,9	62,7	81,3	107	199,5
Palmeira d' Oeste	347,1	195,1	201,8	77,9	79,3	47,2	21,6	22,2	90,2	116,7	152,9	276,8
Pontalinda	262,3	180,2	171,8	36,6	67,4	39,1	17	14,6	61,4	89,4	111,6	183,1
Sebastianópolis do Sul	344,3	203,5	141,7	76,1	70	44,3	20,2	23,6	61,8	105,4	120,9	225,8
Valentin Gentil	314,6	205,7	144,8	57,2	58,6	39,3	21	10,5	57,7	82,6	114,2	189,8
Votuporanga	314	208	149,8	430,7	51,7	34,4	19,5	14,3	40,9	90,1	110,6	201,5

Fonte: Próprio autor.

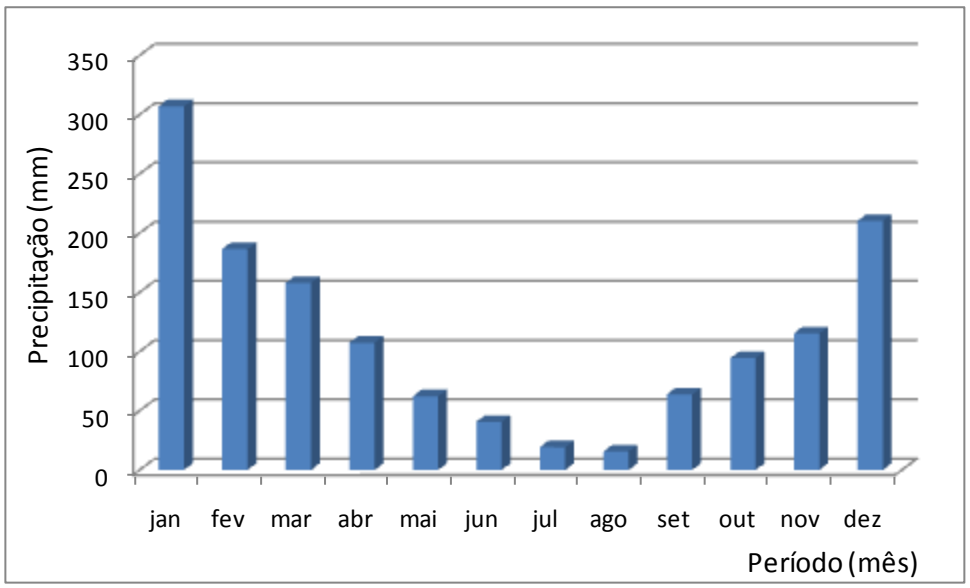
Figura 11 – Localização dos municípios com ponto de medição de índices pluviométricos



Fonte: Próprio Autor.

Os valore referentes aos índices pluviométrico dos 8 municípios, Jales, Magda, Monte Aprazível, Palmeira d'Oeste, Pontalinda, Sebastianópolis do Sul, Valentin Gentil e Votuporanga, são apresentados no Figura12.

Figura 12 - Gráfico 2: Média geral da precipitação mensal na Bacia São José dos Dourados



Fonte: Próprio autor.

4.1.4 Hidrologia

Baseado em Horton (1945), foram classificadas as sub-bacias que compõem o sistema:

2.352 sub-bacias de 1ª ordem

510 sub-bacias de 2ª ordem

116 sub-bacias de 3ª ordem

24 sub-bacias de 4ª ordem

03 sub-bacias de 5ª ordem

Quanto a forma, todas as sub-bacias possuem o índice ICo (relação entre o comprimento e a área da bacia) superior à 1,0, indicando assim formas alongadas.

A relação densidade hidrográfica (comprimento total dos rios/ áreas) para as sub-bacias localizadas no baixo e médio curso giram em torno de 0,40 e no alto curso, superiores à 0,70.

Notam-se dois conjuntos no sistema São José dos Dourados: um compreendendo o baixo e médio curso e outro o alto curso. A existência desses dois conjuntos deve estar ligada à diferença de fatores ambientais, tais como, topografia mais acidentada, precipitação supostamente maior e presença de vegetação mais densa no alto curso que no restante da bacia; presença de material rochoso de superfície com granulometria no baixo e médio curso.

4.1.5 Geologia

As unidades geológicas que afloram na área da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados são as rochas ígneas basálticas da Formação Serra Geral, as rochas sedimentares dos Grupos Caiuá e Bauru (pertencentes à Bacia Bauru) e os sedimentos quaternários associados à rede de drenagem (IPT, 1999).

Os basaltos da Formação Serra Geral acham-se dispostos em sucessivos derrames com espessuras individuais de até 50 metros, mas podem, no conjunto, ultrapassar a 1.200 metros. Expõem-se principalmente na porção oeste da UGRHI e ao longo dos vales do rio São José dos Dourados e do ribeirão Ponte Pensa. Servem de substrato rochoso para a Barragem de Ilha Solteira (IPT, 1999).

A Bacia Bauru é constituída de uma extensa capa sedimentar, cuja deposição se deu no Cretáceo Superior (90 a 65 milhões de anos atrás), sobre os basaltos da Formação Serra Geral (IPT, 1999).

4.1.6 Geomorfologia

A Bacia Hidrográfica do rio São José dos Dourados apresenta-se inteiramente incluída na Província do Planalto Ocidental Paulista, segundo a subdivisão geomorfológica do Estado de São Paulo proposta por Almeida (1964) e adotada no mapa geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981).

As características do Planalto Ocidental Paulista desenham, em geral, uma paisagem de relevo suave, monótono, levemente ondulado, predominando colinas e morrotes. As colinas médias constituem a unidade predominante na área da bacia, exceto na sua porção oeste, nas proximidades do reservatório de Ilha Solteira e do baixo vale do rio São José dos Dourados, onde ocorre relevo de colinas amplas (IPT, 1981).

4.1.7 Pedologia

São quatro os tipos de solos que estão individualizados na área da UGRHI, sendo eles Latossolos Roxos, Latossolos Vermelho Escuros, Podzólicos Vermelho Escuros e Podzólicos Vermelho Amarelos (IPT, 1999), enumerados nas alíneas a seguir:

a) latossolos Roxos: são solos de textura argilosa a muito argilosa, de perfil normalmente profundo, no qual o teor de argila diminui lentamente com o aumento da profundidade. Tratam-se de solos desenvolvidos, ácidos a fortemente ácidos em sua maioria. Originam-se da desagregação e alteração dos basaltos da Formação Serra Geral e ocorrem apenas no extremo oeste da área da UGRHI;

b) latossolos Vermelho Escuros: são solos arenosos, muito profundos, cujos horizontes são pouco diferenciados, observando-se teores de argila entre 15% e 85%. Ocorrem na porção oeste e extremo noroeste da UGRHI;

c) podzólicos Vermelho Escuros: são solos arenosos com perfil bem desenvolvido, profundidade mediana (1,5 m a 2,0 m) e horizontes bem demarcados, associados a relevo de colinas médias e amplas, ocorrendo no terço oeste da UGRHI;

d) podzólicos Vermelho Amarelos: constituem, individualmente, uma classe de solos normalmente ácidos, arenosos, bem desenvolvidos e com boa drenagem. Ocorrem em diversas manchas nas porções topograficamente mais elevadas, junto aos divisores ao norte e sul.

4.1.8 Fluviometria

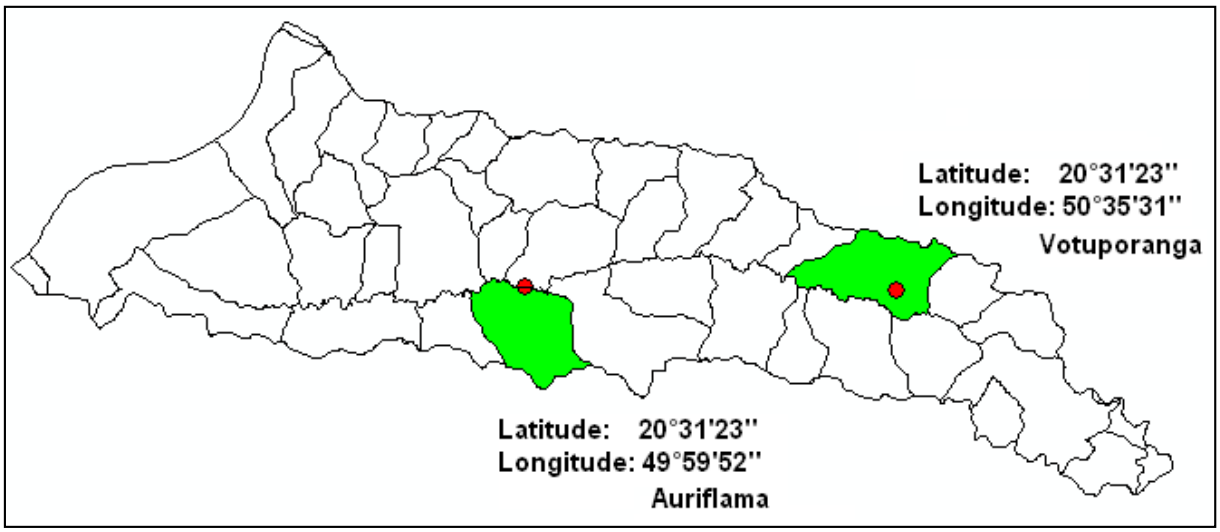
Votuporanga Monitoramento Fluviométrico é o acompanhamento contínuo da variação do volume de água dos rios em uma bacia hidrográfica. Este monitoramento estima o balanço hídrico, a produção de sedimentos em solução, suspensão e a carga do leito da bacia hidrográfica, além de orientar a construção de reservatórios.

A operação correta de um posto fluviométrico fornece um conjunto básico de informações. A séria hidrológica, denominação do conjunto destas informações, permite caracterizar as disponibilidades hídricas superficiais. A série hidrológica é composta de valores médios mensais de vazão do curso d'água.

Para a elaboração dos gráficos com vazões mensais históricas mínimas, máximas e médias forma escolhidos dois postos de monitoramento do DAEE. As vazões médias mensais caracterizam os períodos mais prováveis de cheias e de estiagem do rio. Os dois postos escolhidos, 6B-012 e 7B-007, situados nos municípios de Votuporanga e Auriflama, respectivamente, são os únicos postos da BSJD que possuem informações atualizadas de vazão do curso d'água.

A Figura 13 traz as coordenadas dos pontos de medição, nela é possível identificar a localização destes pontos dentro da BSJD.

Figura 13- Localização dos pontos de medição fluviométrica



Fonte: Próprio autor.

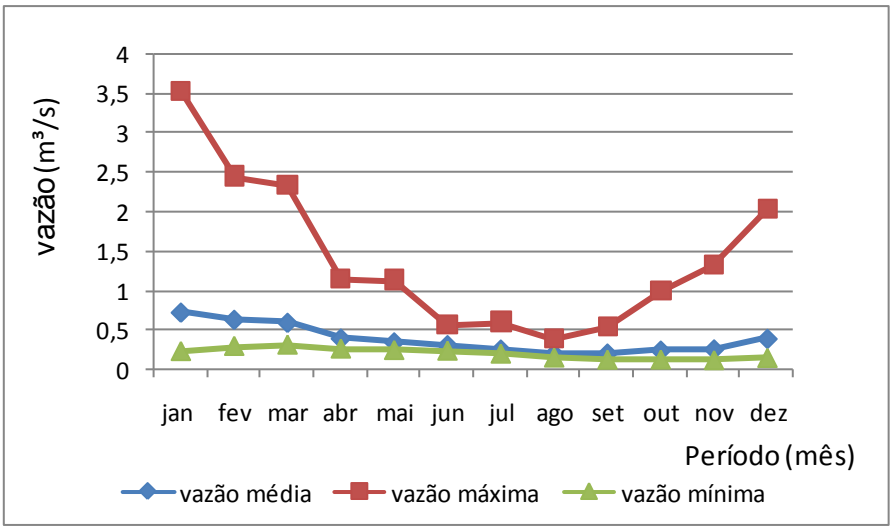
A Tabela 04 apresenta os valores das vazões obtidas pelos postos 6B-012 e 7B-007. Estes dados foram utilizados para compor as figura 14 e 15.

Tabela 04 – Valores de vazão nos postos de monitoramento 6B-012 (Votuporanga) e 7B-007 (Auriflama)

mês	Votuporanga			Auriflama		
	Q média	Q máxima	Q mínimo	Q média	Q máxima	Q mínimo
Janeiro	0,73	3,52	0,23	64,17	151,33	15,70
Fevereiro	0,64	2,45	0,30	46,69	92,02	18,81
Março	0,60	2,33	0,31	26,51	45,18	16,03
Abril	0,40	1,14	0,26	18,88	31,28	13,20
Maio	0,35	1,13	0,24	19,51	48,13	12,76
Junho	0,31	0,55	0,24	14,50	21,41	11,73
Julho	0,26	0,60	0,20	9,18	17,13	7,14
Agosto	0,20	0,38	0,15	4,56	6,79	3,22
Setembro	0,21	0,54	0,12	6,20	10,69	4,20
Outubro	0,24	0,99	0,12	4,37	9,85	2,65
Novembro	0,26	1,33	0,11	8,96	25,21	2,91
Dezembro	0,39	2,04	0,14	37,04	100,04	11,01

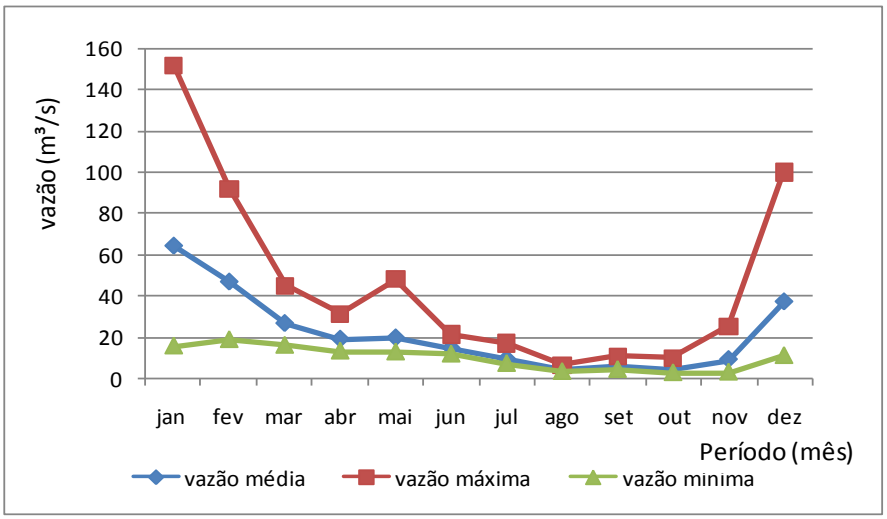
Fonte: Próprio autor.

Figura 14 - Gráfico 03: Valores de vazão mensal no curso d'água do rio São José dos Dourados no município de Votuporanga



Fonte: Próprio autor.

Figura 15 - Gráfico 04: Valores de vazão mensal no curso d'água do rio São José dos Dourados no município de Auriflama



Fonte: Próprio autor.

4.2 Controle de Erosões

Com o objetivo de atualizar as informações sobre as erosões urbanas e rurais dos municípios da Bacia São José dos Dourados, o Relatório Técnico Nº. 295/07 (Cooperativa de Serviços e Pesquisas Tecnológicas e Industriais –CPTI), também

estabeleceu diretrizes e orientações para o controle dos processos erosivos em zonas urbana e rural.

Ainda segundo o relatório da CPTI, as erosões que acontecem em área rural, como áreas agrícolas, campos abandonados, pastagens e associadas às redes viárias, são causadas pelo desmatamento e também pelo manejo inadequado do solo. Essas erosões estão associadas às intervenções antrópicas inadequadas. A cobertua vegetal, seja natural ou de cultura agrícola, protege o solo quanto à ação agressiva do impacto das gotas d'água da chuva, esta proteção diminui o carreamento das partículas do solo.

Outro ponto abordado pelo Relatório é o problema causado pelas estradas vicinais sem cobertura de proteção de seu leito e sem sistemas de drenagem adequados, bem comum no meio dos canaviais, visto que todo escoamento da matéria prima é feita via estradas e rodovias.

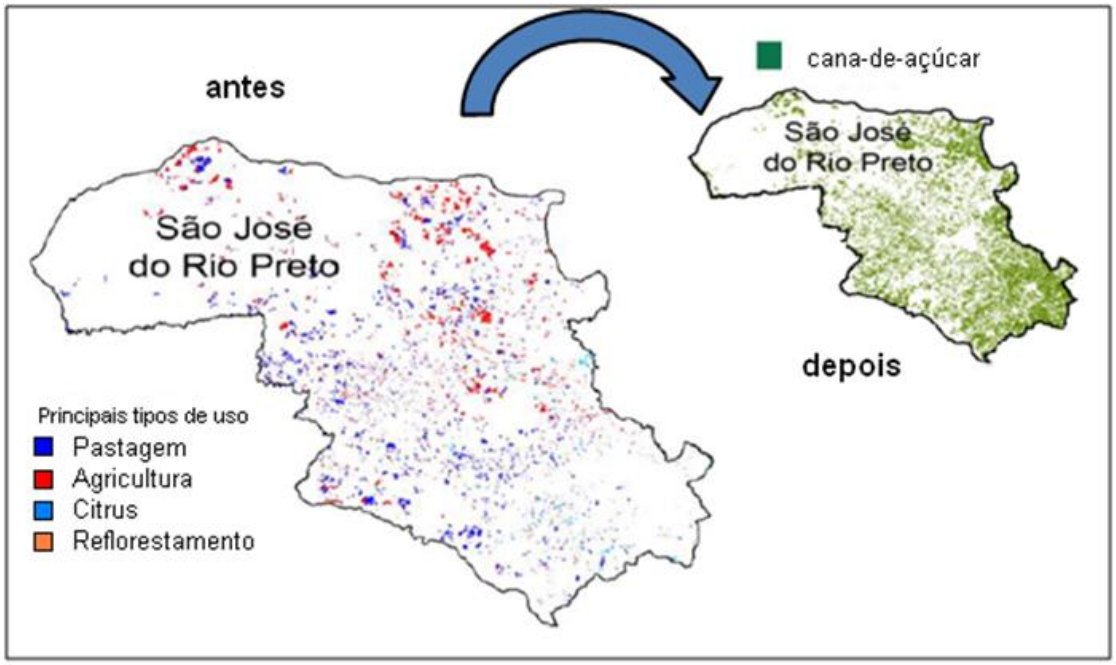
4.3 Uso e ocupação do solo

A região da Bacia Hidrográfica do rio São José dos Dourados é caracterizada por apresentar uma baixa densidade demográfica, tendo como principal atividade a produção primária, destacando-se a pecuária, e a agricultura. Os usos da água são destinados para abastecimento público, irrigação e setor industrial, como usinas, destilarias, curtumes, frigoríficos e laticínios (CETESB, 2006).

Esta região já foi ocupada por várias culturas. Até a crise de 1929, a maior parte da área do interior paulista, inclusive a Bacia São José dos Dourados, era ocupada pela lavoura do café. Porém com a baixa nos rendimentos devido à crise econômica, a região passou a se fortalecer na produção pecuária.Atualmente, na Bacia São José dos Dourados, a cana-de-açúcar, matéria prima para a produção do açúcar e do etanol, passou a ocupar grandes áreas.

Segundo Pereira (2006), na Bacia São José dos Dourados, as áreas de cultivo de pastagens estão sendo substituídas por plantações de cana-de-açúcar, bem impulsionado pela implantação de diversas usinas de fabricação de álcool e açúcar na região. A Figura 16 demonstra as principais ocupações antes do aumento da área do cultivo da cana.

Figura 16 - Ocupação da área antes da expansão da cana-de-açúcar



Fonte: Modificado de Rudorffet al.(2010)

4.4 As safras da cana-de-açúcar

Para acompanhamento dos dados referente as safras da cana-de-açúcar na BSJD, foi realizado um pesquisa no bando de dados do CANASAT, projeto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em conjunto com a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (UNICA), com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP), e tambémcom o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), que iniciaram juntos em 2003.Este projeto tem como objetivo avaliar o crescimento da cana-de-açúcar por meio de imagens de sensoriamento remoto, utilizando os avanços metodológicos de classificação de imagens de satélite.

Foi verificado a evolução do aumento da cultura da cana em todos os municípios que compõe a BSJD. Os destaques encontrados foram explanados por meio de gráficos e tabelas, cujas informações serão suficientes para conhecimento do setor da cana na BSJD.

4.5 Os dados de outorga do uso da água

Os valores de captação de água pelas usinas de cana-de-açúcar foram encontrados no banco de dados de outorgas do DAEE, foi realizado uma pesquisa física nos arquivos do órgão e as informações foram subtraídas e organizadas em uma planilha Excel.

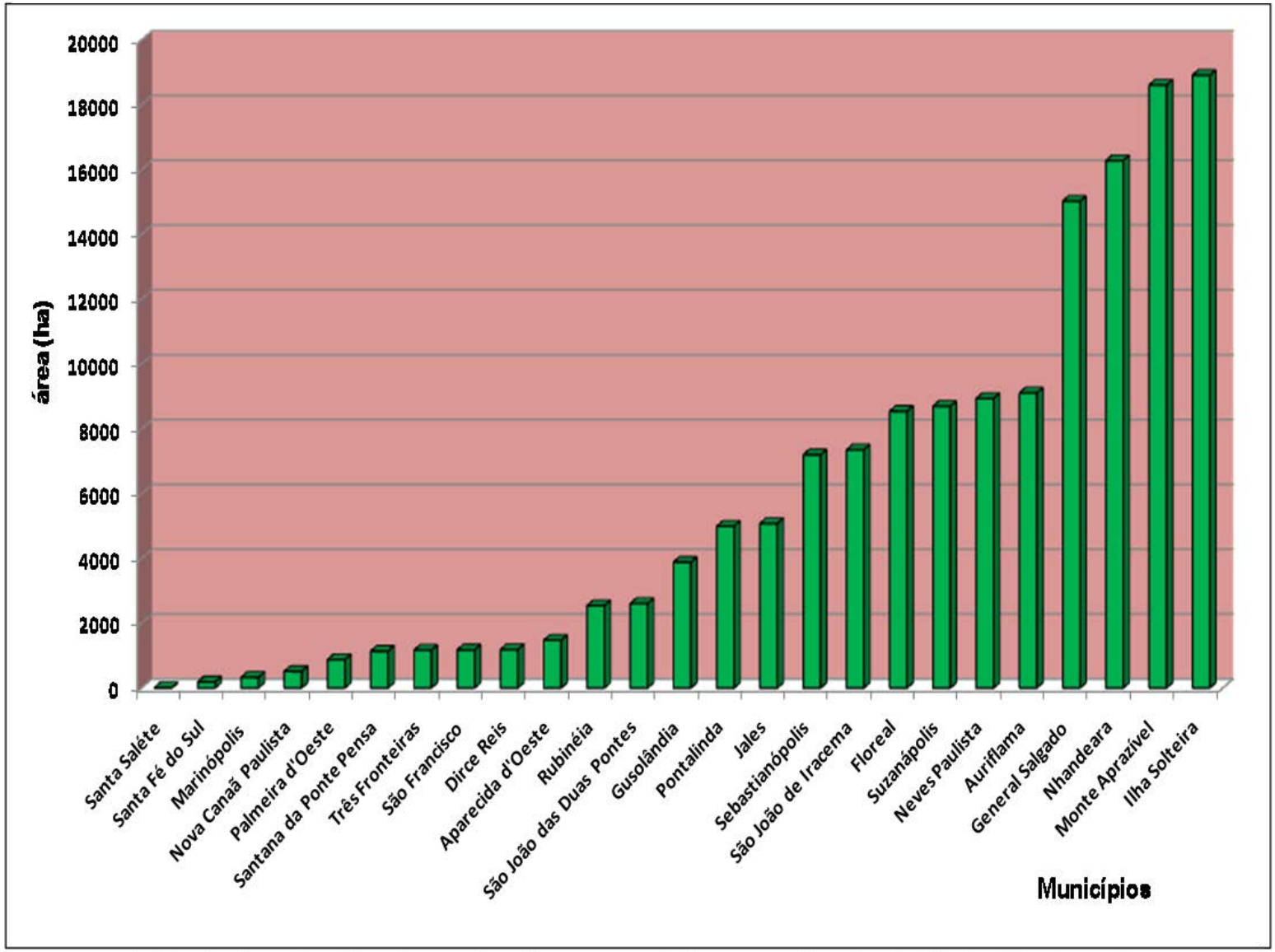
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1A cana de açúcar na Bacia São José dos Dourados

Na Bacia São José dos Dourados alguns municípios se destacaram pelo grande volume de produção da cana-de-açúcar. A enorme área disponível para a produção da cana, a existência da indústria de álcool e açúcar na região e a disponibilidade da água, foram os principais motivos para a expansão da cultura nos municípios desta bacia hidrográfica.

A Figura 17 apresenta a área de produção de todos os municípios com sede dentro da BSJD no ano de 2013, este gráfico é ordenado do município com a menor área de produção para o município com a maior área de produção.

Figura 17 - Gráfico 05: Área de cultivo da cana-de-açúcar nos municípios com sede na bacia São José dos Dourados



Fonte: Próprio autor

A análise da Figura 17 permite evidenciar o perfil de cultivo dentre todos os municípios com sede dentro da bacia hidrográfica. O gráfico demonstra que dentre estes municípios, quatro apresentam área de produção baixa, são eles, Santa Salete, Santa Fé do Sul, Marinópolis e Nova Canaã Paulista, e por outro lado,quatro municípios apresentam área de produção bastante elevada, General Salgado, Nhandeara, Monte Aprazível e Ilha Solteira.

A Tabela 5 apresenta a área de produção de 8 municípios, todos com sede dentro da BSJD, os quatro municípios com as maiores áreas e os quatro municípios com as menores áreas

Tabela 5 - Maiores e menores áreas de produção de cana dentre os municípios com sede dentro da BSJD.

Município	área de produção - há (ano de 2013)	% entre área total
Santa Saléte	13	0,2
Santa Fé do Sul	188	0,9
Marinópolis	323	4,1
Nova Canaã Paulista	509	4,1
General Salgado	15019	30,4
Nhandeara	16273	37,1
Monte Aprazível	18603	38,4
Ilha Solteira	18902	28,7

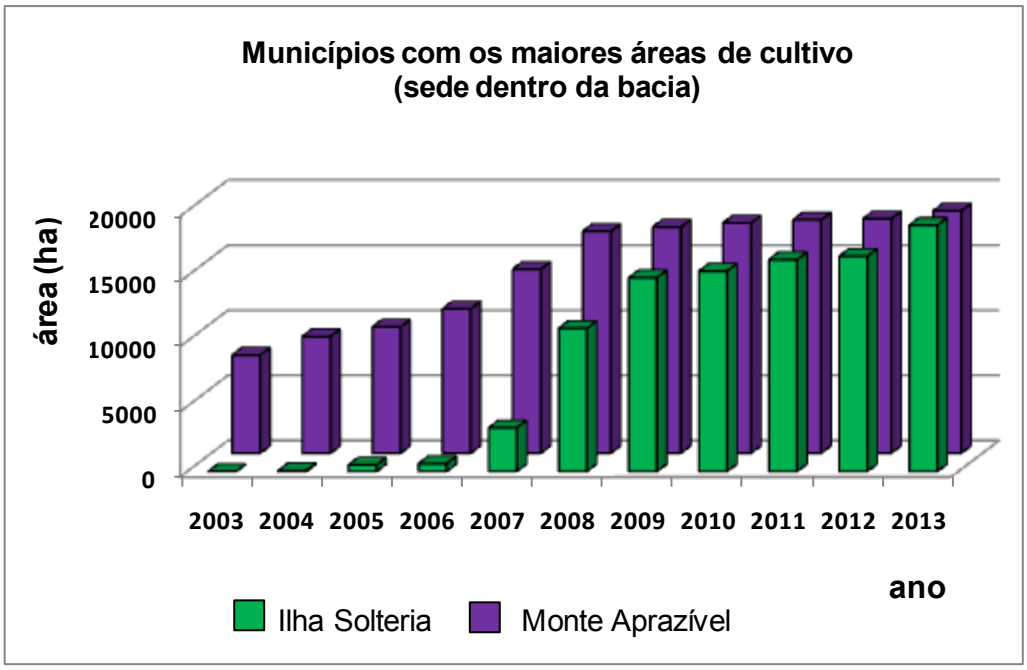
Legenda
4 menores áreas de produção
4 maiores áreas de produção

Fonte: Próprio autor.

Os quatro municípios com as menores áreas estão localizados bem próximos fisicamente, evidenciando uma tendência local dentro da BSJD. Porém, os quatro municípios com as maiores áreas estão bastante distantes entre si, localizados em extremos da bacia, demonstrando que o crescimento acontece em toda a bacia hidrográfica.

Os municípios de Ilha Solteira e Monte Aprazível, cuja área de cultivo da cana ao longo do período é apresentada na Figura 18, são os dois municípios com as maiores áreas destinas ao cultivo da cana dentre os municípios com sede dentro da BSJD.

Figura 18 - Gráfico 6: Área de produção de cana-de-açúcar no período de 2003 a 2012 nos municípios de Ilha Solteira e Monte Aprazível.



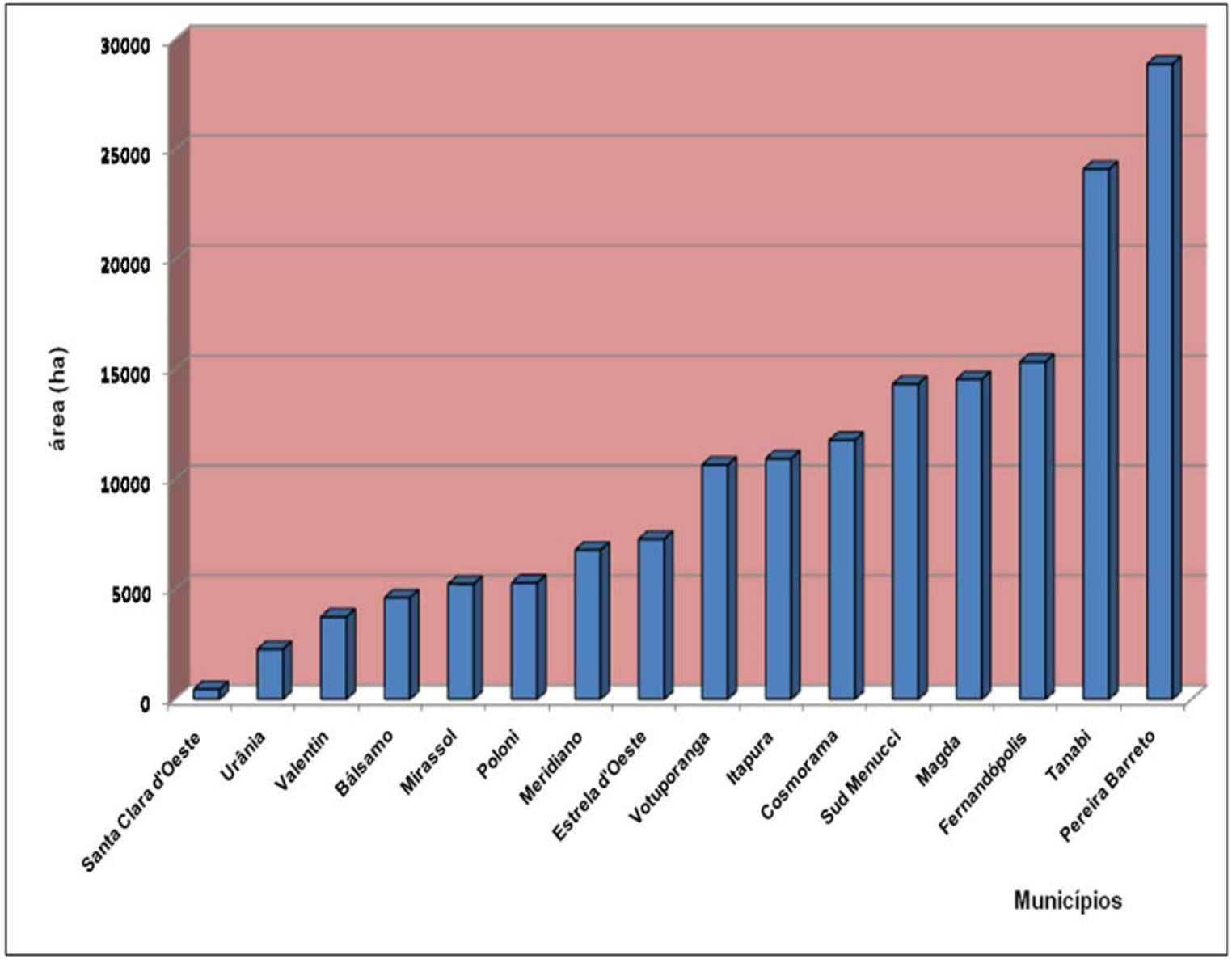
Fonte: Próprio autor.

Na Figura 18 é possível identificar que os dois municípios apresentaram um perfil de crescimento diferenciado. Além da distância física dentro da Bacia (Ilha Solteira localizada na subbacia Baixo São José dos Dourados e Monte Aprazível na subbacia Alto São José dos Dourados)cada município apresentou particularidades no crescimento da área para produção da cana.

Conforme observado na Figura 18, em 2003, primeiro ano do período desta pesquisa, o município de Monte Aprazível já possuía uma área considerável reservada à produção da cultura, 7.538ha, enquanto o município de Ilha Solteira, neste mesmo ano, ainda não apresentava nenhuma área de cultivo da cana-de-açúcar. O município de Ilha Solteira começou a apresentar um crescimento expressivo do cultivo da cana-de-açúcar a partir do ano de 2005. No período de 2006 a 2009, as áreas de cultivo da cana-de-açúcar cresceram exponencialmente. No próximo período este crescimento diminuiu, porém, hoje, dentre os municípios com sede dentro da bacia, apresenta a maior área de produção.

Considerando municípios com sede fora da BSJD, porém com parcela de área dentro desta bacia hidrográfica, a Figura 196 também apresenta ordenadamente a área de produção da cana em cada município no ano de 2013.

Figura 19 - Gráfico 06: Área de cultivo da cana-de-açúcar nos municípios com sede fora da bacia São José dos Dourados



Fonte: Próprio autor

Os municípios com sede fora da BSJD apresentaram uma maior diversificação dentre as áreas de produção, destaque para os dois municípios que apresentam as maiores áreas de produção de cana na BSJD, Tanabi e Pereira Barreto. Estes municípios se destacam por apresentarem área de produção bem superior em comparação aos demais municípios da bacia.

Em relação ao crescimento da produção da cultura na BSJD, como pode ser observado na Tabela 6, no período considerado, por este estudo, todos os municípios apresentaram aumento na área de produção da cana. Na mesma tabela é possível verificar que na última safra apenas os municípios de Bálsamo e Guzolândia apresentaram diminuição na área de cultivo da cana.

Tabela 6 - Aumento do cultivo da cana de açúcar.

Município	% crescimento na área de cultivo da cana no período de 2003 à 2013	% variação do cultivo da cana nas ultimas safras 2012 à 2013
Aparecida d'Oeste	2060,3	2,16
Auriflama	4153,3	25,7
Bálsamo	3716,5	-1,28
Cosmorama	2421,4	19,6
Dirce Reis	início da produção 2010	510,3
Estrela d'Oeste	199,5	9,8
Fernandópolis	151,5	17
Floreal	início da produção 2004	24,8
General Salgado	161,9	17
Gusolândia	544,2	-3,6
Ilha Solteira	início da produção 2004	14,5
Itapura	início da produção 2004	6,4
Jales	10693,6	32,6
Magda	1035,7	17,3
Marinópolis	início da produção 2010	1694,4
Meridiano	1032,4	13,4
Mirassol	664,9	5,1
Monte Aprazível	146,8	3,4
Neves Paulista	327,9	8,7
Nhandeara	15853,9	15
Nova Canaã Paulista	início da produção 2008	7,4
Palmeira d'Oeste	início da produção 2009	196,9
Pereira Barreto	2607	15
Poloni	205	1
Pontalinda	952,5	15,3
Rubinéia	435,2	24,3
Santa Clara d'Oeste	início da produção 2013	**
Santana da Ponte Pensa	início da produção 2009	50,2
Santa Fé do Sul	início da produção 2007	33,3
Santa Saléte	início da produção 2013	**
São Francisco	início da produção 2010	72,2
São João das Duas Pontes	início da produção 2007	12,5
São João de Iracema	54	7,37
Sebastianópolis	351,6	6,16
Sud Menucci	86,8	7,78
Suzanápolis	168	18,6
Tanabi	4307,1	12
Três Fronteiras	início da produção 2008	73,2
Urânia	início da produção 2009	92,3
Valentin Gentil	início da produção 2007	23,2
Votuporanga	2852,3	25,8

municípios com sede dentro da BSJD
municípios com sede fora da BSJD
**não houve variação entre as duas ultimas safras (2012-2013)

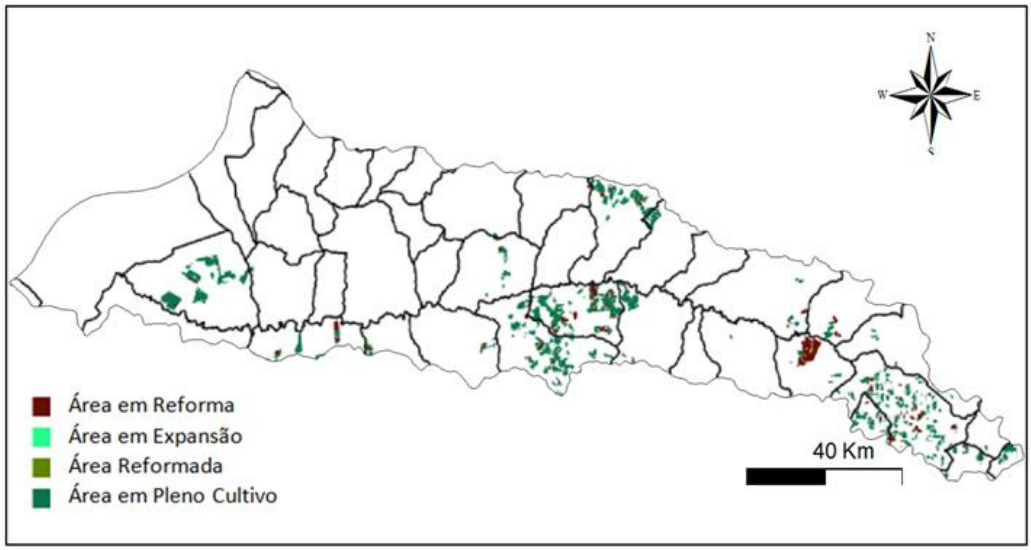
Fonte: Próprio autor.

Em relação a taxa de ocupação Monte Aprazível foi o município que apresentou o maior percentual dentro da BSJD, A área de cultivo da cana, segundo o CANASAT,corresponde a aproximadamente 37% de toda a área município, ou seja, área total de, 49.690ha, 17.910ha são destinados para a produção da cana-de-açúcar.

Para uma melhor visualização das informações sobre o aumento da área de cultivo da cana na BSJD, foram confeccionadas imagens georeferenciadas no ArcGis 9.2. As imagens da área de cana-de-açúcar gerada pelo CANASAT, no período de 2003 a 2013, foram lançadas sobre o contorno da BSJD gerando mapas temáticos com a área plantada de cana-de-açúcar. Foram confeccionadas dez imagens, uma para cada ano de estudo.

A Figura 20 apresenta a primeira imagem gerada. Ela demonstra a situação da BSJD no primeiro ano do período considerado por este estudo.

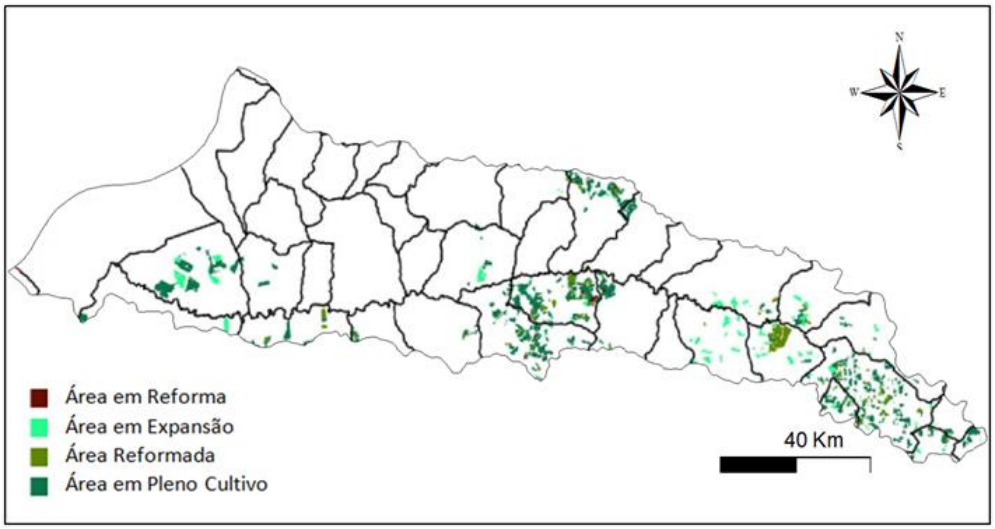
Figura 20 - Situação da BSJD em relação a ocupação da cana-de-açúcar no ano de 2003



Fonte: Próprio autor.

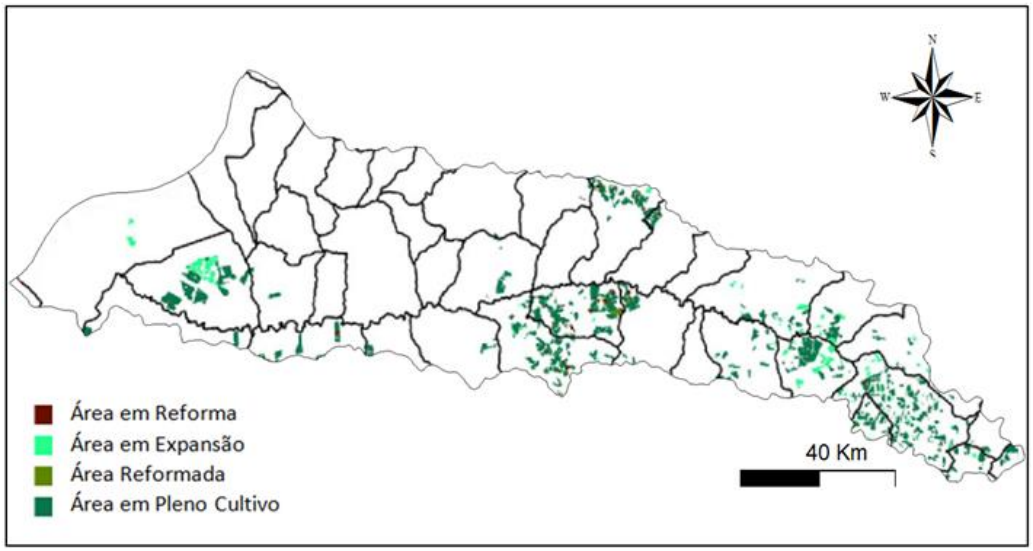
Ao longo das próximas páginas segue as imagens demonstrando a evolução ano a ano até o final do período deste estudo.

Figura 21 – Ocupação da cana na BSJD no ano de 2004



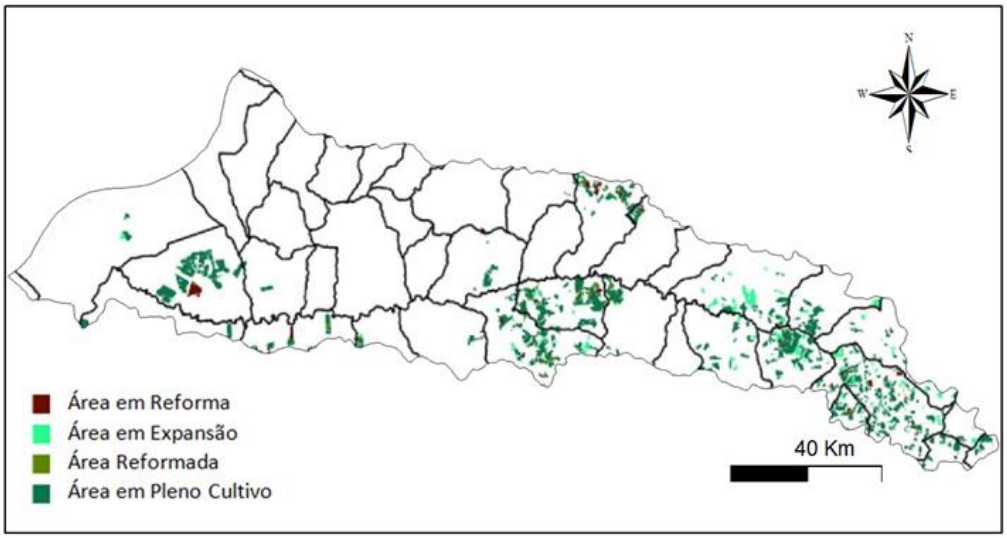
Fonte: Próprio autor.

Figura 22 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2005



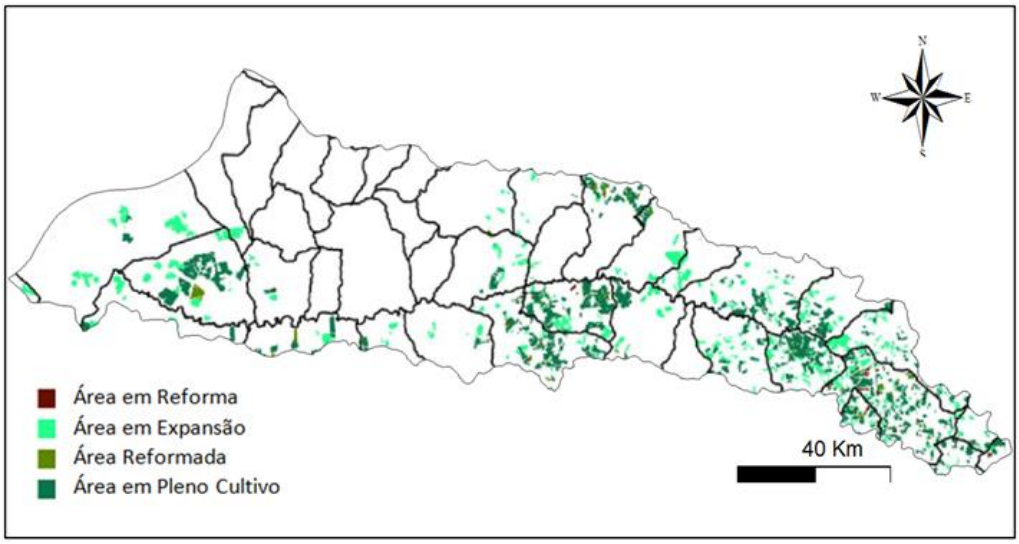
Fonte: Próprio autor.

Figura 23 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2006



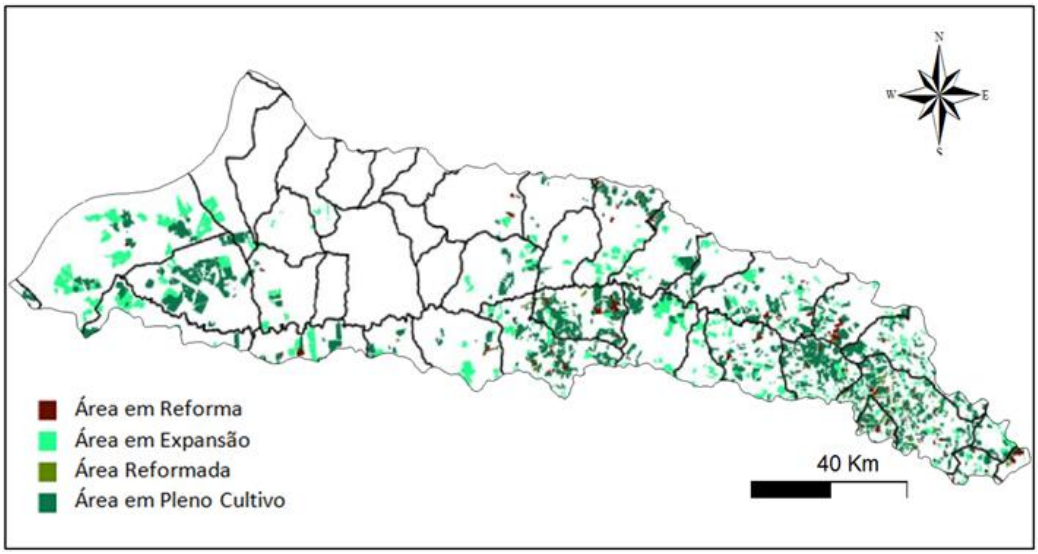
Fonte: Próprio autor.

Figura 24 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2007



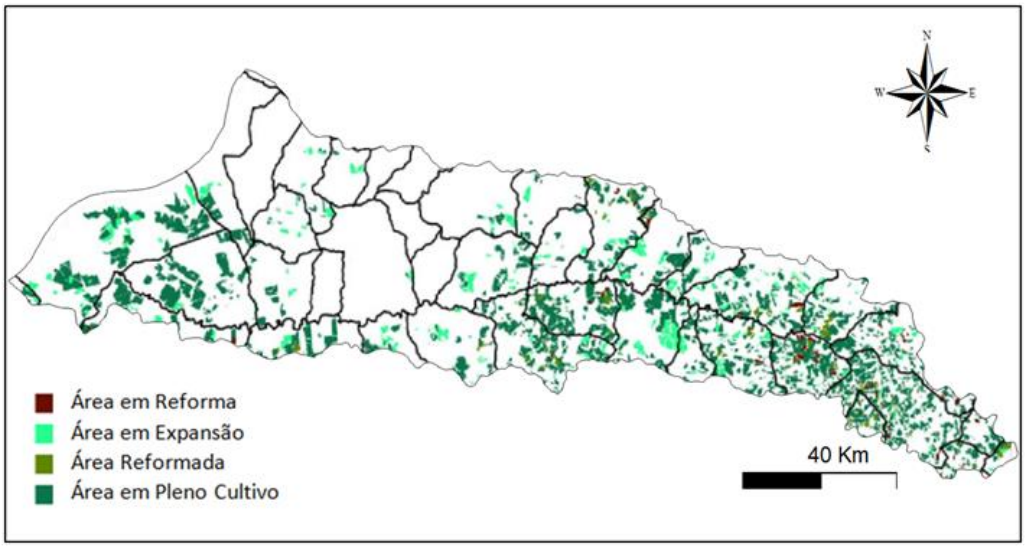
Fonte: Próprio autor.

Figura 25 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2008



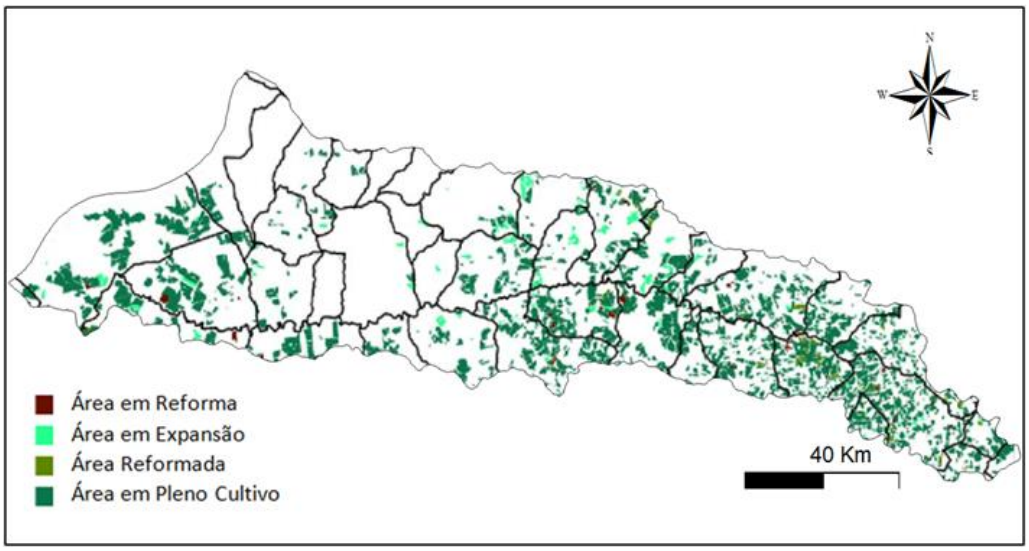
Fonte: Próprio autor.

Figura 26 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2009



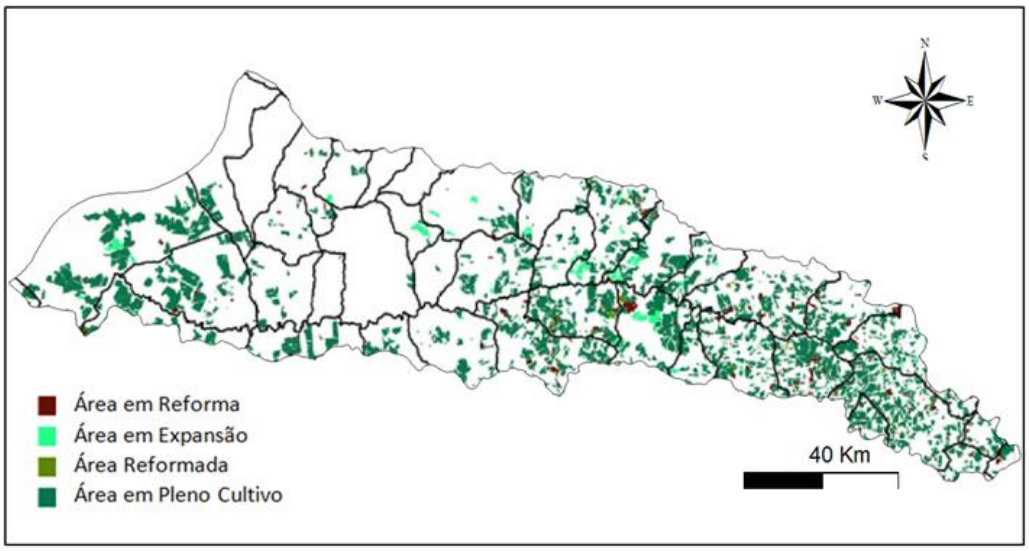
Fonte: Próprio autor.

Figura 27 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2010



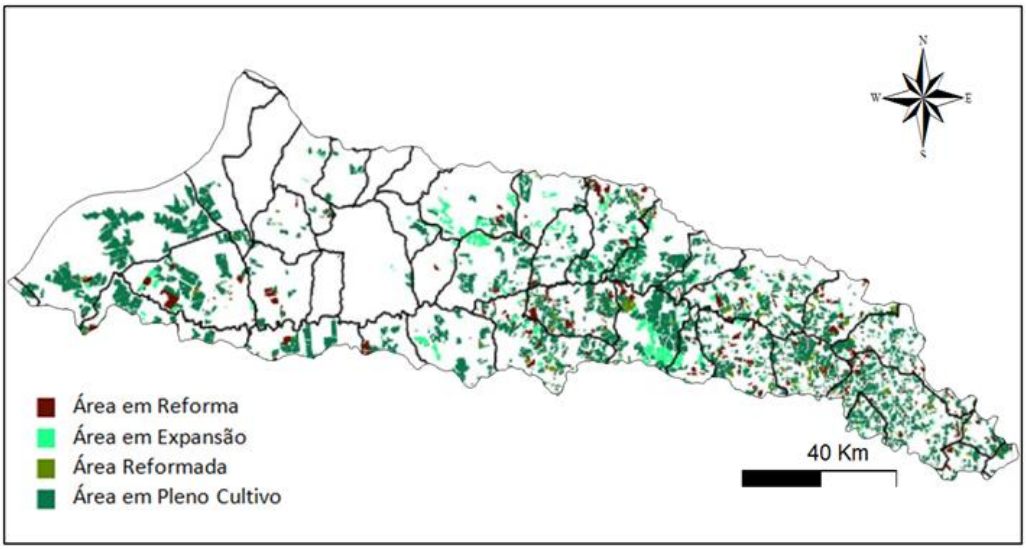
Fonte: Próprio autor.

Figura 28 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2011



Fonte: Próprio autor.

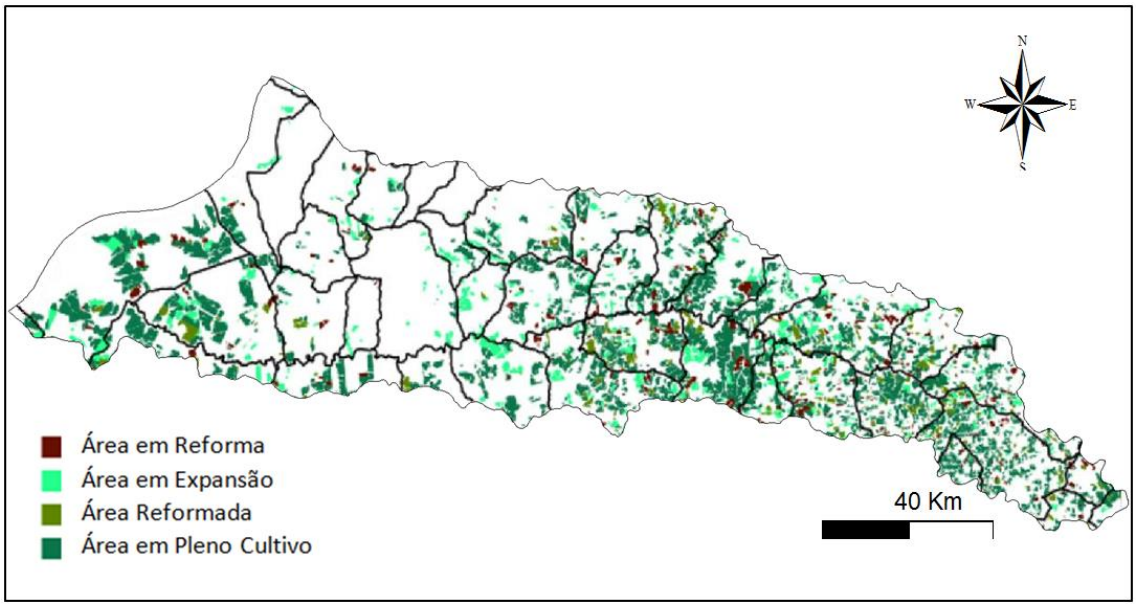
Figura 29 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2012



Fonte: Próprio autor.

Na figura 30, a ultima imagem da série, é possível verificar a atual ocupação da cana na BSJD.

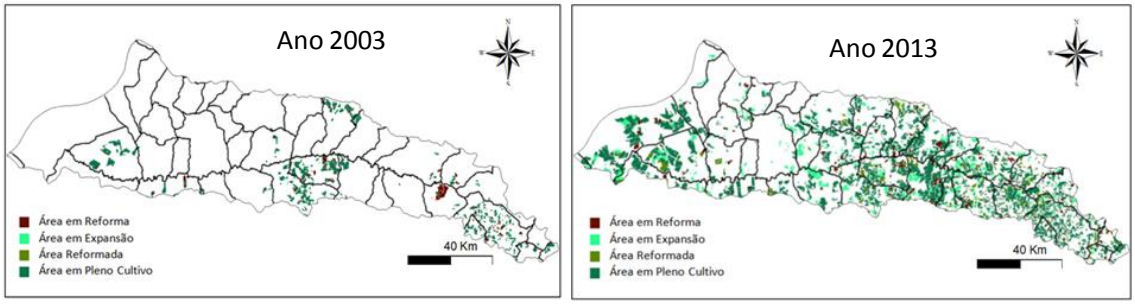
Figura 30 - Ocupação da cana na BSJD no ano de 2013



Fonte: Próprio autor.

A figura 31 coloca em comparação as imagens de 2003 e 2013, este confronto permite verificar o crescimento da cultura durante o período considerado, 10 anos. A imagem de 2013 apresenta a BSJD bastante ocupada pela cana.

Figura 31 - ano de 2013

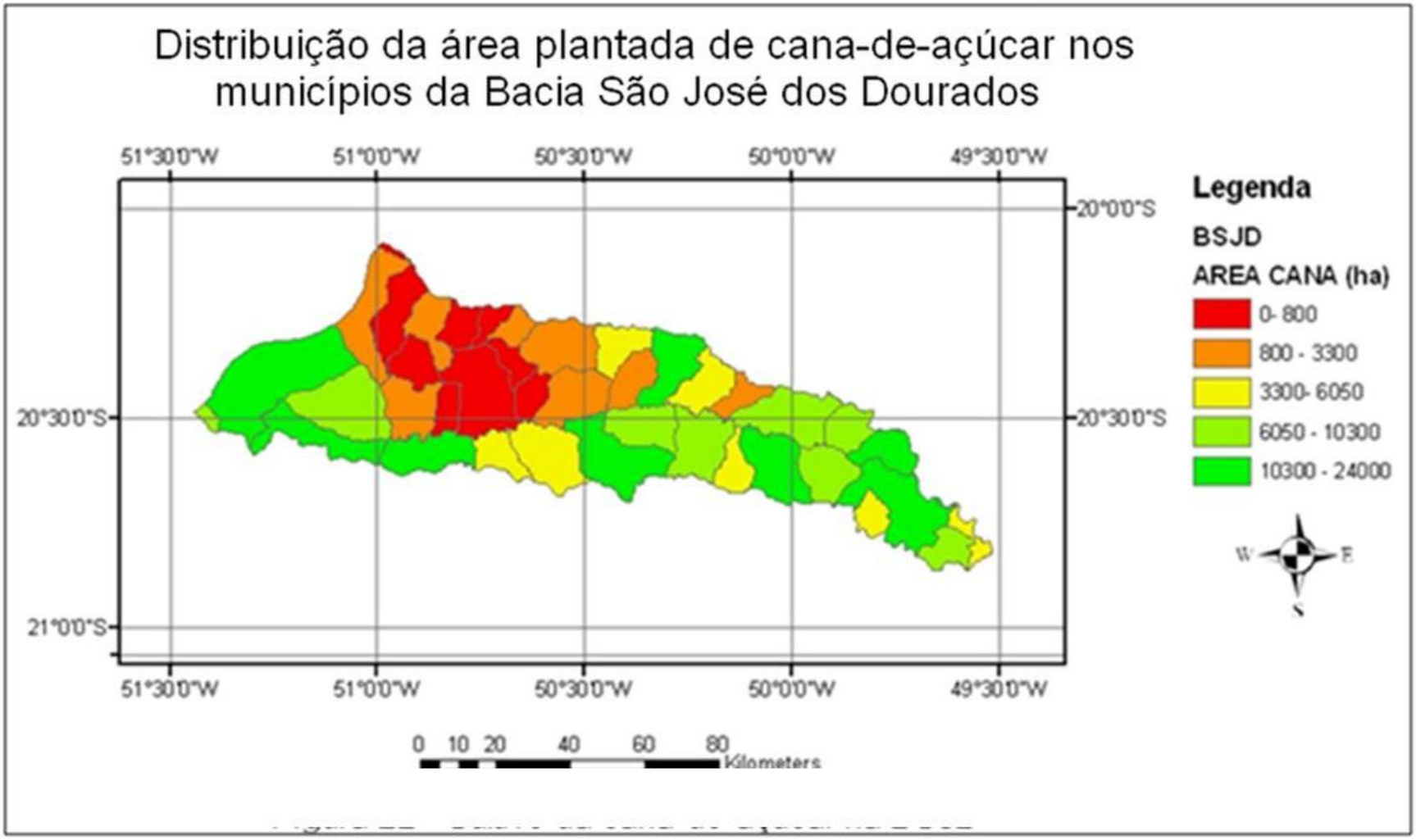


Fonte: Próprio autor.

O crescimento na bacia entre o período de estudo foi de 623%, a área de cana plantada em 2003 passou a ser mais de 6 vezes maior em 2013. Para quantificar as áreas de produção de cana de cada município que compõe a BSJD, foi confeccionado também no ArcGis 9.2 um mapa ordenado com graduação de cores que apresenta variação por faixas de valores. A figura 32 traz o mapa com a graduação de cores.

No mesmo mapa é possível confirmar a informação sobre uma tendência pontual na BSJD referente aos municípios com pequena área de produção, identificados na cor vermelha. Já em relação aos municípios com maiores áreas de produção, cor verde, é observado em toda a extensão da BSJD.

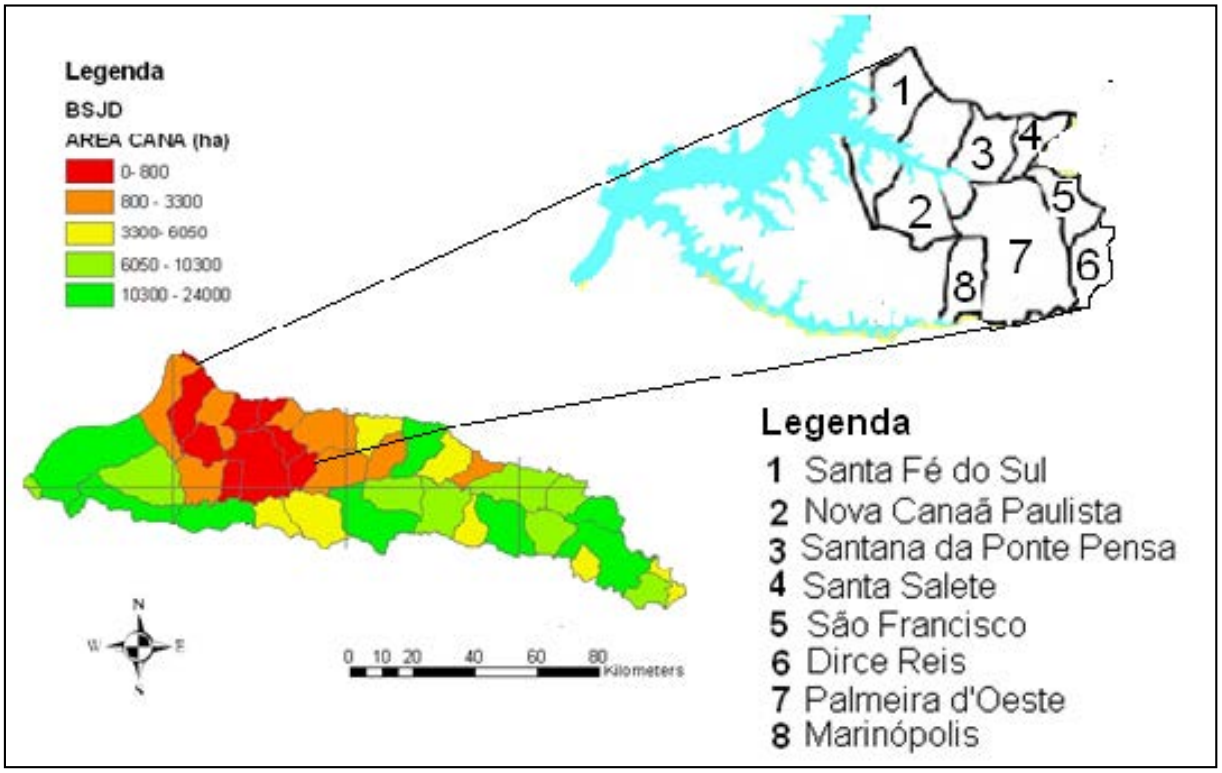
Figura 32 - Cultivo da cana-de-açúcar na Bacia São José dos Dourados



Fonte: Próprio autor

Estes municípios com pequena área de produção, em vermelho no mapa da Figura 32, apresentam culturas perenes com alto custo de implantação, destaque para a uva, laranja e limão, culturas que dominam os municípios de Santa Fé do Sul, Nova Canaã Paulista, Santana da Ponte Pensa, Santa Salete, São Francisco, Dirce Reis, Palmeira d'Oeste e Marinópolis. A Figura 33 apresenta os 8 municípios com as menores áreas de produção de cana-de-açúcar.

Figura 33–Municípios com baixa área de produção de cana-de-açúcar



Fonte: Próprio autor.

5.2 A tendência da cultura cana de açúcar

Atualmente em âmbito nacional, o setor sucroalcoleiro ainda apresenta um crescimento da área de cultivo, apesar da impressão de recuo do mercado, reflexo da queda dos índices de produção da safra de 2012, a safra de 2013 surpreendeu e voltou a crescer. A safra de 2012 foi afetada principalmente pela exportação do etanol que diminui gradualmente ano a ano, que segundo a UNICA os motivos se resumem a:

a) mitos e inverdades sobre o setor;
b) Controvérsias quanto às metodologias para mensuração das emissões evitadas pelo etanol de cana;
c) Critérios de sustentabilidade com conceitos subjetivos;
d) Proliferação de mecanismos de certificação arbitrários.

Nas safras 2011/2012 e 2012/2013 o setor sucroalcooleiro apresentou uma pequena diminuição, como apresentado na Tabela 7, porém na safra 2013/2014 o setor voltou a aumentar os índices acompanhados pela ÚNICA, até setembro de 2013 o setor acumulou um aumento de 16,21% na produção da cana de açúcar, comparando com a safra de 2012/2013 no mesmo período.

A Tabela 7 apresenta os valores acumulados da safra 2011/2012 e 2012/2013, a tabela 8 apresenta os valores acumulados de 2012/2013 e 2013/2014 de todo o Brasil. Nessas tabelas é possível compararas safras de 2011/2012 e 2012/2013e observar que, com exceção da produção de açúcar por tonelada de cana, todos os outros indicadores apresentaram diminuição percentual, contrário a constatação na comparação das safras de 2012/2013 e 2013/2014, que apenas na produção de açúcar por tonelada de cana apresentou diminuição percentual.

Tabela 7 - Indicadores safra 2012/2013

Produto	Safras		variação
	2011/2012	*2012/2013*	
Cana-de-açúcar[1]	376.713	349.583	-7,20%
Açúcar [1]	23.206	21.799	-6,06%
Etanol anidro[2]	5.899	5.357	-9,18%
Etanol hidratado[2]	9.537	8.334	-12,61%
Etanol total[2]	15.237	13.691	-10,14%
Litros etanol/tonelada de cana	41	39	-4,87%
kg açúcar/tonelada de cana	62	62	0,00%

Nota: 1 - mil toneladas; 2 - milhões de litros.

Fonte:UNICA(2014).

Tabela 8 - Indicadores safra 2013/2014

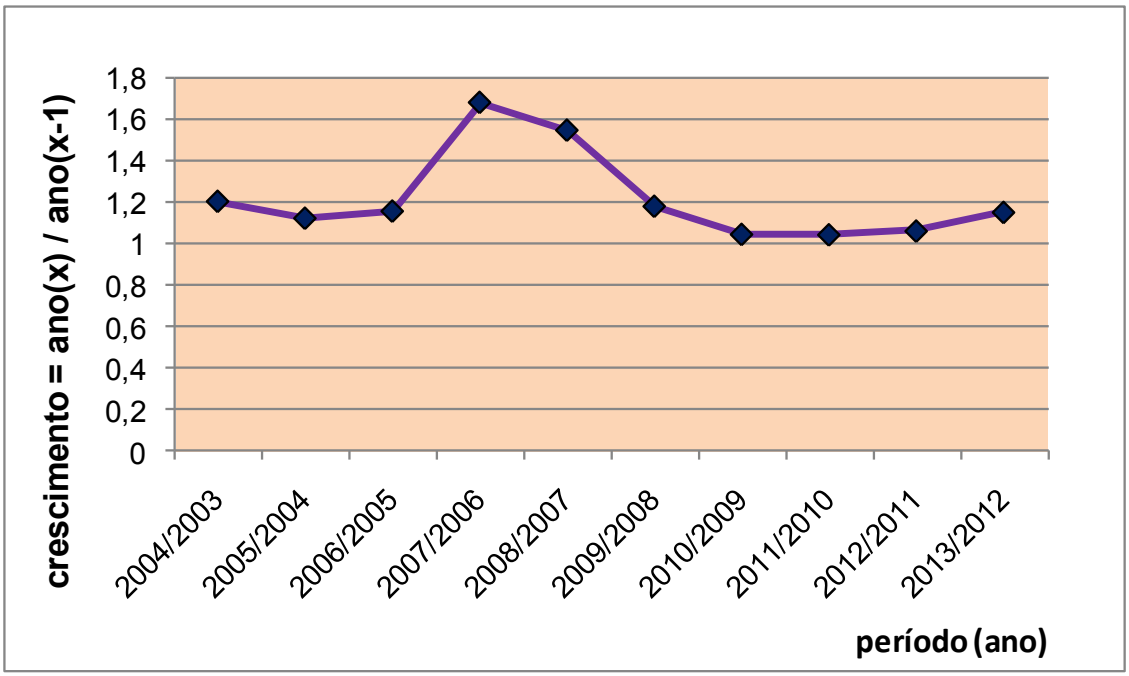
Produto	Safras		variação
	2012/2013	*2013/2014*	
Cana-de-açúcar[1]	349.583	406.263	**16,21%**
Açúcar [1]	21.799	22.921	**5,15%**
Etanol anidro[2]	5.357	7.364	**37,47%**
Etanol hidratado[2]	8.334	9.876	**18,51%**
Etanol total[2]	13.691	17.241	**25,93%**
Litros etanol/tonelada de cana	39	42	**8,36%**
kg açúcar/tonelada de cana	62	56	**-9,52%**

Nota: 1 - mil toneladas; 2 - milhões de litros.

Fonte: UNICA(2014).

Na Bacia São José dos Dourados o cenário ainda resistiu a tendência da região Centro-Sul na safra passada (2012/2013), considerando toda a Bacia, não houve diminuição de área de cultivo, como pode ser visto na Figura 34, e sim um pequeno aumento na área de cultivo da cana. Já na safra 2012/2013 o setor superou o crescimento da safra anterior.

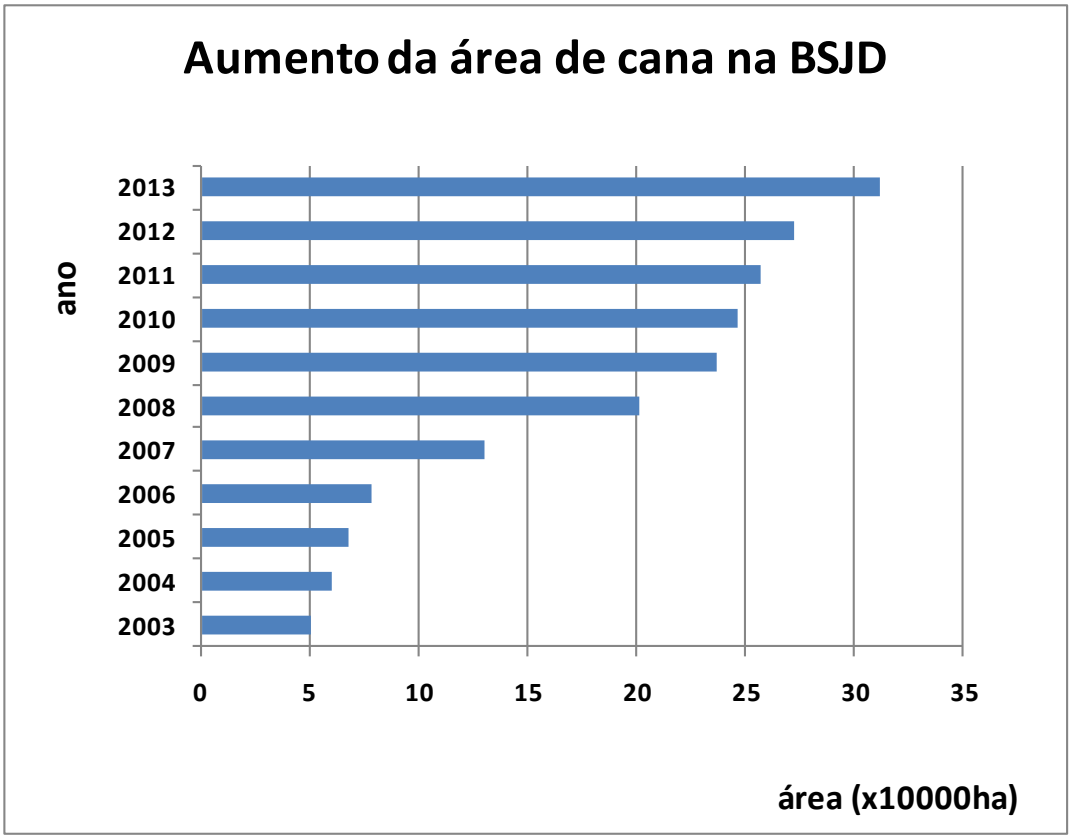
Figura 34 - Gráfico 7: Comportamento da área disponível para cultivo da cana de açúcar na BSJD.



Fonte: Próprio autor.

A análise quantitativa dos valores de produção da cana na BSJD possibilita a identificação do período em que a expansão foi mais intensa, anos de 2006, 2007 e 2008 também reforça a informação da Figura 34, pois fornece o crescimento quantitativo da área de cultivo da cana na bacia, mesmo nas ultimas safras. A Figura 35 apresenta os valores da área de cultivo da cana na BSJD no período de 2003 a 2012.

Figura 35 - Gráfico 8: Crescimento da cultura cana-de-açúcar na BSJD



Fonte: Próprio Autor.

Um levantamento realizado no banco de dados do CANASAT demonstra que na BSJD, num total de 37 municípios, apenas 2apresentaram diminuição na área de cultivo de cana-de-açúcar na safra de 2013. A tabela 9 apresenta os municípios que apresentaram diminuição da área de cultivo na cana nas safras de 2011, 2012 e 2013.

Tabela 9 - Municípios da BSJD que apresentaram diminuição na área de cultivo da cana.

2011	2012	2013
Auriflama	Gusolândia	Gusolândia
Palmeira d'Oeste	Itapura	Balsamo
Sebastianópolis	Mirassol	
Sud Menucci	Nova Canaã	
Suzanápolis	Rubnéia	
Três fronteiras	São João de Iracema	
	Sebastianópolis	
	Sud Menucci	
	Três Fronteiras	

Fonte: Próprio autor.

5.3 A indústria sucroenergética na Bacia São José dos Dourados

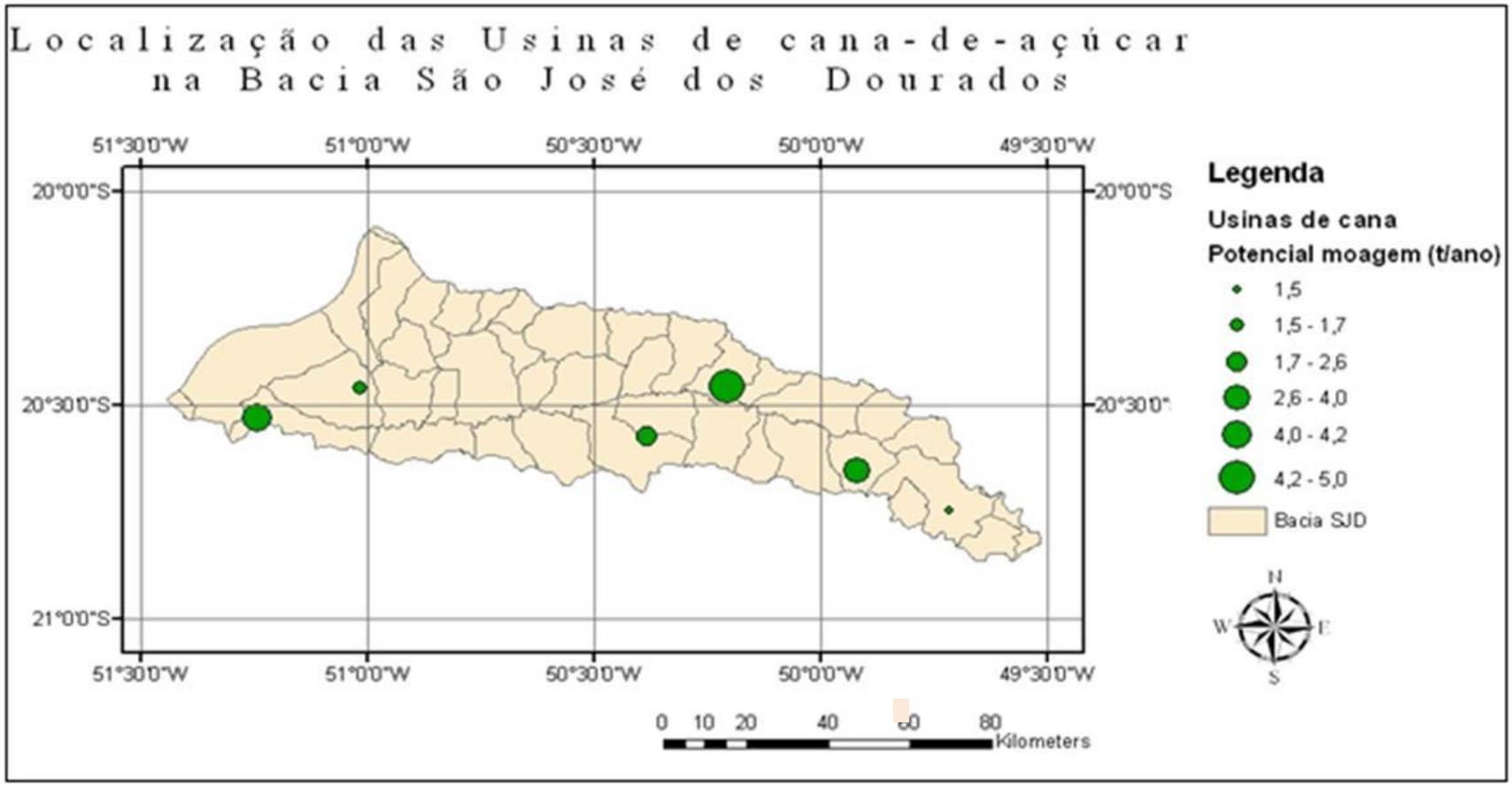
O clima favorável e a disposição de grandes áreas a custo baixo para a produção da cana-de-açúcar incentivou grandes grupos produtores de açúcar e álcool a investir na região noroeste do estado de São Paulo.

A partir da constatação do potencial positivo na produção da cana nesta região inicio-se uma exploração intensa, novas unidades de usinas sucroenergéticas foram instaladas gerando uma demanda cada vez maior da matéria prima, aos poucos a cana passou a fazer parte do cenário agrícola da região.

Na Bacia São José dos Dourados existe atualmente5 unidades de usinas sucroalcooleira instaladas em operação, todas distribuídas estrategicamente para aproveitar as áreas disponíveis para a produção da matéria prima.Estas indústrias apresentam um potencial de moagem variando de 1,5 a 4 milhões de toneladas por ano.

A Figura 36 apresenta o potencial de moagem e a localização de cada usina de cana dentro da bacia hidrográfica.

Figura 36 - Localização e potencial de moagem das usinas sucroalcooleiras dentro da BSJD



Fonte: Próprio autor

A tabela 10 apresenta o potencial de moagem de todas as usinas de cana instaladas na BSJD, nela é possível verificar a variação de potencial dentre as unidades industriais.

Tabela 10 - Potencial de moagens das usinas de cana da BSJD

Usina	Potencial moagem (milhão t/ano)
Vale do Paraná	1,7
Santa Adélia	4,2
Generalco	2,6
Meridiano	5
Noroeste Paulista	4
Total	**17,5**

Fonte: Próprio autor.

Considerando a produção atual de cana-de-açúcar da BSJD, aproximadamente 312.000ha, com média de produção 77,3toneladas/ha (Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, região Centro Sul), temos a produção em toneladas de cana produzida na BSJD. Considerando o valor do potencial de moagem das usinas situadas na bacia, é possível verificar se a matéria prima, a cana de açúcar, é produzida em volume suficiente para atender a demanda das indústrias.

Produção ton. de cana/safra: 312.000ha x 77,3ton/ha ≈ $24,1 \times 10^6$ toneladas

Potencial de moagem das usinas instaladas na BSJD: $17,5 \times 10^6$ toneladas/ano

Conforme os valores acima calculados, a produção de cana na BSJD é suficiente para abastecer o potencial de moagem das usinas, também localizadas no perímetro da bacia. Por outro lado, é importante considerar que existem indústrias do setor, instaladas em áreas próximas, que utilizam parte da cana produzida na BSJD, e que vale também o inverso, o consumo da cana produzida nas bacias vizinhas por indústrias instaladas na BSJD.

Considerando o uso médio de água na indústria da cana, 22,1m³/ton.cana (Manual de conservação e reúso de água na agroindústria sucroenergética), é possível estimar o uso potencial de água no setor da cana na BSJD.

Conforme pesquisa realizada, o potencial de produção das indústrias instaladas na BSJD é de $17,5x10^6$ ton/ano, sendo assim temos:

Uso da água do setor = $17,5x10^6$ton/ano x 22,1 m^3/ton ≈ $38,7x10^7$ m^3/ano

Tabela 11 - Valores potenciais da indústria da cana na BSJD

produção cana/safra	$2,4x10^7$ toneladas
potencial de moagem/ano	$1,75x10^7$ toneladas
uso água/ano	$38,7x10^7 m^3$

Fonte: Próprio autor.

Existem algumas usinas de canas instaladas próximas a BSJD, como exemplo as unidades Usina Pioneiro, localizada no município de Sud Menucci, e CEMA, localizada no município de Monte Aprazível, ambos os municípios que compõe a bacia hidrográfica, consome a mesma matéria prima que é produzida na BSJD.

5.4 O consumo da água na indústria de cana na Bacia São José dos Dourados

O consumo de água em uma indústria depende da tecnologia adotada e do controle das perdas em seus processos. Há indústrias altamente consumidoras de água que podem ser abastecidas pela rede pública, captação superficial ou por poços profundos. Algumas indústrias também utilizam os cursos d'água para lançamento de seus efluentes gerados no processo industrial.

Todas as usinas de açúcar e álcool instaladas na Bacia São José dos Dourados possuem poços de captação de água subterrânea, estas unidades utilizam a água subterrânea em atividades sanitárias, industriais e irrigação.

A tabela 12 apresenta as profundidades, coordenadas e vazão de estabilização dos poços de captação de água subterrânea instalados nas usinas de cana da BSJD.

Tabela 12 - Coordenadas e profundidade dos poços de captação de água subterrânea nas usinas de cana na BSJD.

Município	Usina	Poço	Coord.N/S	Coord.E/O	Prof. (m)	q (m³/h)
Sebastianópolis do Sul	Noroeste Paulista	1	7723,42	6092,5	200	6
		2	7723,73	6093,8	1177	426
General Salgado	Generalco	1	7724,59	564,09	150	3
Suzanápolis	Vale do Paraná	1	7745,28	496,38	330	74,28
		2	7744,79	496,51	320	100
		3	7744,91	496,49	328	100,22
		4	7745,16	497,01	250	60,13
		5	7745,09	497,02	321	47,11
		6	7745,75	496,27	300	66,83
Meridiano	Meridiano	1	7737,99	582,88	300	7
		2	7738,37	582,77	1290	335
		3	7737,16	582,55	1258	249,8
		4	7737,99	582,66	300	7
Ilha Solteira	Santa Adélia	1	7741,28	473,87	100	1,5

Fonte: DAEE (2014)

A usina Santa Adélia do município de Ilha Solteira é a única que utiliza a água subterrânea, além das atividades industriais, como fonte para irrigação.

A tabela 13 demonstra a quantidade, o potencial e a finalidade de uso de cada poço de captação localizado nas plantas industriais das usinas de cana da BSJD.

Tabela 13 - Potencial e finalidade de uso dos poços de captação de água subterrânea nas usinas de cana da BSJD

Cidade	Usina	n° poços	Vazão (m³/h)	Finalidade
Sebastianópolis do Sul	**Noroeste Paulista**	**2**	**432**	**indústrial/sanitário**
General Salgado	Generalco	1	3	indústrial/sanitário
Suzanápolis	**Vale do Paraná**	**6**	**448,57**	**indústrial/sanitário**
Meridiano	Meridiano	4	598,8	indústrial/sanitário
Ilha Solteira	**Santa Adélia**	**1**	**1,5**	**irrigação/industrial**

Fonte: DAEE (2014)

Com exceção das usinas Generalco e Santa Adélia todas as usinas localizadas na BSJD utilizam grande volume de água subterrânea como fonte de abastecimento ao processo industrial. as unidades Noroeste Paulista, Vale do Paraná e Meridiano conseguem explorar mais de 400m³/h, a água subterrânea é utilizada para fins industriais e sanitários.

Todas estas usinas também aproveitam o potencial hídrico superficial, o setor industrial da cana sempre instala suas plantas industriais próximas a grandes cursos d'água, com esta medida as usinas diminuem os gastos com grandes deslocamentos de volume de água.

Em relação ao uso da água superficial na indústria da cana foram analisadas as planilhas de relatório de outorga do DAEE. Os pontos de captação de água superficial destinados ao uso industrial da cana foram organizados na Tabela 14.

Tabela 14 - Coordenadas e rios dos pontos de captação de água superficial nas usinas de cana da BSJD.

Município	Usina	Ponto	Coord.N/S	Coord.E/O	Nome do Rio	q (m³/h)
Sebastianópolis do Sul	Noroeste Paulista	1	7724,76	608,86	SAO JOSE DOS DOURADOS,R	100
		2	7724,76	608,86	SAO JOSE DOS DOURADOS,R	500
		3	7723,3	613,13	SNA1 SAO JOSE DOS DOURADOS,R	50
General Salgado	Generalco	1	7725,62	564,06	TALHADO,RIB/COR	400
Meridiano	Meridiano	1	7734,42	583,64	SAO JOSE DOS DOURADOS,R	100
		2	7735,37	582,74	SAO JOSE DOS DOURADOS,R	286

Fonte: DAEE (2014)

No uso da água superficial as unidades de Santa Adélia (Ilha Solteira) e Vale do Paraná (Suzanápolis) não possuem outorgas de captação de água em cursos d'água

A Tabela 15 resume o volume de captação e especifica a finalidade de uso destes pontos de captação de água superficial.

Tabela 15 – Vazão retirada e finalidade de uso dos pontos de captação de água superficial nas usinas de cana da BSJD

Cidade	Usina	n° poços	Vazão (m³/h)	Finalidade
Sebastianópolis do Sul	Noroeste Paulista	3	650	indústrial
General Salgado	Generalco	1	400	indústrial
Meridiano	Meridiano	2	386	indústrial

Fonte: DAEE (2014)

De acordo com as Tabelas 14 e 15 o volume de captação de água superficial é bastante elevado, as usinas conseguem subtrair altos volumes dos cursos d'água para utilizar em seu processo industrial.

Importante esclarecer que neste levantamento apenas foram considerados os dados cadastrados do DAEE.

6 CONCLUSÕES

O crescimento da área de cultivo da cultura cana-de-açúcar foi expressivo na Bacia São José dos Dourados, considerando todo o período do estudo, 10 anos (2003 a 2013), todos os municípios que compõe a bacia hidrográfica tiveram um aumento no cultivo da cana, alguns municípios que não cultivavam a cana no início do período, ano de 2003, começaram a se destacar pela grande produção da cultura.

Comparando o crescimento pontualmente entre municípios, é possível destacar altas taxas de aumento de área no cultivo da cana, como exemplo apresentado neste trabalho, o município de Ilha Solteira, entre os anos de 2007 a 2009 apresentou um crescimento exponencial da área de cana plantada, um dos municípios que não cultivava a cultura no ano de 2003, início da pesquisa, e que em 2013 se destacou como sendo o segundo maior produtor da cultura dentre os municípios com sede dentro da BSJD.

Em relação a produção da cana nas últimas safras foi verificado que a partir do pico de crescimento no ano de 2009, em todo o território nacional o crescimento da cultura começou a diminuir e na safra de 2012, os números da indústria do setor, demonstraram uma pequena diminuição comparado a safra anterior, porém na safra de 2013 estes números voltaram a crescer.

Os reflexos da safra de 2012 também refletiram na área de cultivo dos municípios da BSJD, neste ano um total de 9 municípios apresentaram diminuição na área de cultivo da cana, o maior montante de municípios com este resultado de todo o período do estudo.

As indústrias de produção de açúcar e álcool da bacia, total de 5unidades, estão bem distribuídas geometricamente, apresentam um potencial de produção bastante diversificado entre elas, sendo que a capacidade total, soma do potencial das 5 usinas, pode chegar a moer17 milhões de toneladas de cana por ano.

Ainda em relação ao potencial de moagem do setor industrial na BSJD foi verificado que a capacidade total de moagem das usinas instaladas na bacia é menor do que o volume produzido de matéria prima, mesmo com conhecimento da utilização desta matéria prima por outras usinas fora da BSJD, a constatação aponta que ainda há campo para implantação de novos pólos industriais na área de estudo.

Em relação ao consumo de água pelas indústrias da cana na Bacia São José dos Dourados, foi observado que as indústrias do setor da cana utilizam a água subterrânea como fonte de abastecimento do pólo industrial, todas as usinas instaladas na bacia hidrográfica possuem poços de captação de água subterrânea, as unidades Vale do Paraná, Meridiano e Noroeste Paulista possuem potencial de captação acima dos 400m³/h. O estudo também possibilitou a verificação do uso da água subterrânea em todas as unidades indústrias para fins sanitários. No uso da água superficial nestas unidades industriais foram constatadas que apenas 3unidades, das 5 instaladas na BSJD, possuem pontos de outorga do uso da água superficial.

Na comparação dos volumes captados, águas superficiais e águas subterrâneas, foi possível observar a proximidade entre os valores, a captação ocorre na mesma ordem de grandeza entre as duas fontes.

REFERENCIAS

ADAMI, A.; MELLO, M. P.; AGUIAR, D. A.; FRIEDRICH, B., RUDORFF, T.; SOUZA, A. F.**A web development to perform thematic accuracy assessment of sugarcane mapping.**[S. l.]: Remote Sens, 2012.

ALMEIDA, J. C. **A indústria sucroalcooleira-energética e os recursos hídricos**: Rio Santo Antônio Grande, Alagoas. 2009. 91 f. Dissertação (Mestrado Recursos Hídricos e Saneamento) - Univesidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

ALMEIDA, R. A. de.; SANTOS, A. H. M. O uso industrial da água e a gestão de recursos hídricos. In:SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, ABRH, 15. 2003, Curitiba. **Anais...**Curitiba: ABRH, 2003.

ARALCO.**Usina Aralco.** Araçatuba: [s. n.], 2013. Site. Disponível em:<http://www.aralco.com.br/unidades.php>. Acesso em: 15 jan. 2013.

BARBOSA, D. S.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Algumas teorias ecológicas aplicadas a sistemas lóticos. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. (Ed). **Limnología fluvial**: um estudo no rio Mogi-Guaçu. São Carlos: Rima, 2003.p.85-120.

BERTOL, I.; SANTOS, J. C. P. Uso do solo e propriedades físico-hídricas na Planalto Catarinense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 30, p. 263-267, 1995.

BERTONI, J.; LOMBARD NETO, F.L. **Conservação do solo.**5. ed. São Paulo.Ícone, 2005.

BOSCH, J.M.; HEWLETT, J.D. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. **JournalofHydrology**,Amstersam, v. 55, p.3-23, 1982.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.**Resolução 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. Brasília, DF, 2005.

COELHO, A. L. N. Aplicações de geoprocessamento em bacias de médio e grande Porte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis.**Anais**... Florianópolis. INPE, 2007.p. 2437-2445.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Vinhaça**: critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola.São Paulo, 2006.

DUARTE, C. G.; GAUDREAU, K., GIBSON, R. B.; MALHEIROS, T. F. Sustainability assessment of sugarcane-ethanol production in Brazil: a case study of a sugarcane mill in São Paulo state. **EcologicalIndicators**, Amsterdam, v. 30.p. 119–129, 2013.

Food and agriculture organization of the United Nations – FAOSTAT.[S. l: s. n.], 2007. Disponível em: <hhttp://apps.fao.org/l>. Acesso em: 15 jan. 2013.

FIETZ, C.R.; URCHEI, M. A.; FRIZZONE, J.A.; FOLEGATTI, M.V. Probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos na região de Dourados, MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROMETEOROLOGIA, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBA, 1997. v.1, p. 101-103, 1997.

FREITAS, M. A. V. (Org.). **O estado das águas no Brasil**: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. Brasília, DF: ANEEL, SIH, MMA, SRH, MME, 1998.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1988.

GREGO, C.R.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa. v. 29, p. 169-177, 2005.

GUARNIERI, L.C.; JANNUZZI, R.M. Proálcool: impactos ambientais. **Revista Brasileira de Energia**, Campinas, v.2, n.2, p. 6-10, 1992.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-339.

HEWLETT, J. D. **Principles of forest hydrology**. Athens: University of Georgia. 1982.

HIBBERT, A. R. Forest treatment effects on water yield. In INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST HYDROLOGY, 1967, Oxford.**Proccedings…**,Pergamon: [s. n], 1967.p. 527-43

HILLEL, D. **Introduction to soil physics**. New York: Academic, 1980. p. 50-72.

INTER AMERICAN DEVELOPMENT BANK- IDB. **Technical study**: integrated water resources management in Latin America and the Caribbean. [S. l]:IDB, 1998.

IGRECIAS, L. F. M. **Avaliação da influência do entorno e do Canal de Pereira Barreto na qualidade da água do Baixo São José dos Dourados.** 2009. 117f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo, 1981. 2 mapas. Escala 1:1.000.000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Relatório de situação da Bacia do São José dos Dourados**. São Paulo: IPT, 1999. 3 v. (Relatório Técnico, n. 40.675).

KARAVITIS, C. A. **Uso da água na Europa.**:From Science Towardsapplication, 2009.1CD-ROM.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierraMexico: fondo de Cultura Econômica. [S. l: s. n], 1948. 478 p.

KORTE, G. B. **The gis book**. 5 ed. Albany: OnWord, 2001.

LEMOS, J. C. M.; TANCREDO, M. O. C. **Uma análise comparativa entre o difusor e a moenda na extração da sacarose**. 2010. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade de Franca, Franca, 2010.

LINHARES, C. A.; SOARES, J. V.; BATISTA, G. T. Influência do desmatamento na dinâmica da resposta hidrológica na Bacia do Ji-Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. **Anais...**[S. l: s. n], 2005. p. 3097-3105.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994. (Manual Técnico, v. 1, n. 38).

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

MANUALdeConservação e reúso de água na agroindústria sucroenergética.Brasília, DF: ANA, 2009.

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges.**EcologicalApplications**, Tempe,v.18, n. 4, p. 885–898, 2008.

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

MENEZES, A. C. V.; CALLADO, N. H.;PEDROSA,V. A. et al. Reuso de água para irrigação na monocultura de Cana-de-açúcar: estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s. n], 2004.

MIOCQUE, J. Avaliação de crescimento e de produtividade de matéria verde da cana-deaçúcar na região de Araraquara - SP. **Revista da STAB**, Piracicaba, v.17, n.4, p.45-7, 1999.

PEREIRA, A. O. **Caracterização de uso e ocupação do solo na área de influência do reservatório de Ilha Solteira**. 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais e tratamento de Águas Residuárias) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

PIMENTEL, I. M. C.; CALLADO, N. H.; PEDROSA, V. A.**Balanço hídrico, caracterização e reúso de água de colunas barométricas na indústria Sucro-alcooleira:** estudo de caso. In:CONGRESSOBRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004, São Paulo. **Anais**... São Paulo: [s. n.], 2004. 2179-9784.

PORTO, R. L. L. (Org.). **Hidrologia ambiental**. São Carlos: EDUSP; ABRH, 1991. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 3).

PRADO, R. B. Manejo integrado de reservatórios destinados a uso múltiplo como perspectiva de recuperação da qualidade da água. In:PRADO, R. **Recursos hidroenergéticos**: usos, impactos e planejamento integrado. São Carlos: EDUSP, 2002. p. 193-208. (Série Ciência da Engenharia Ambiental).

RATTNER, H. Escassez de alimentos, inflação e fontes energéticas alternativas. **Revista Espaço Acadêmico**,São Paulo, n.87, ano 8, 2008.

RODRIGUES, A. P. Cenários para o Etanol. In: ENCONTRO DE NEGÓCIOS DE ENERGIA, 7., 2006, São Paulo. **Fórum** ... São Paulo: Método Eventos Empresariais, 2006.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 1990.

RUDORFF, B. F. T.; AGUIAR, D. A.; SILVA, W. F.; SUGAWARA, L. M.; ADAMI, M.; MOREIRA, M. A. Studies on the rapid expansion or sugarcane for ethanol production in São Paulo state (Brazil) using landsat Data. **Remote Sensing**,Switzerland,v. 2, n. 4, p. 1057-1076, 2010.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. de M.; PEREIRA, I. C.**Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**.3.ed. Brasília, DF: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agências Nacionais de Águas, 2001.

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do estado de São Paulo.** São Paulo: CESP: Comissão Interestadual do Bacia Paraná, 1966.

SHAMSI, U. M. **GIS applications for water, wastewater, and stormwater systems.**Boca Raton: CRC, 2005.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. In:SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18.,2007,Forianópolis. **Anais**...Florianópolis: INPE, 2007.p. 3577-3584.

SILVA, R. C.S.; ARAUJO, T.M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreasurbanas de Feira de Santana (BA). **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo>. Acesso em: 23 mar. 2011.

SILVA, W.F.; AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T.; SUGAWARA, L. M.; AULICINO, T. L. I. N. Análise da expansão da área cultivada com cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil: safras 2005/2006 a 2008/2009. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal.**Anais**...Natal: INPE, 2009.p. 467-474.

SOLUÇÕES em açúcar, etanol e co-geração: SUCRAL. [S. l.: s. n.], 2013. Disponível em: <http://www.sucral.com.br/guia.asp?nome=NOROESTE %20PAULISTA%20-%20UNP>. Acesso em: 17 jan. 2013.

SOLUÇÕES em açúcar, etanol e co-geração: SUCRAL. [S. l.: s. n.], 2013. Disponível em: <http://www.sucral.com.br/guia.asp?nome=OESTE%20 PAULISTA>. Acesso em: 17 jan. 2013.

SOLUÇÕES em açúcar, etanol e co-geração: SUCRAL. [S. l.: s. n.], 2013. Disponível em: <http://www.sucral.com.br/guia.asp?nome=VALE%20DO %20PARAN%C1>. Acesso em: 17 jan. 2013.

TUCCI, C. E. M. ; SILVEIRA, A. L. L. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2009.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇUCAR– UNICA. *Site*. São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.unica.com.br/>. Acesso em: 3 jan.2013.

USINA SANTA ADÉLIA.*Site*. Jaboticabal, 2013. Disponível em <http://www.usinasantaadelia.com.br>. Acesso em: 12 jan. 2013.

UDOP. **União dos Produtores de Bioenergia**. Pirassununga, 2013. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?item=unidades&regiao=CS&estado=SP>. Acesso em: 25 jan. 2013.

VIEIRA,C.P. Alterações na cobertura vegetal: interferência nos recursos hídricos. **Silvicultura**, Maldonado,v.20, n.82, p.26-27, 2000.

APÊNDICE A - Banco de dados BSJD

Para auxílio de trabalhos futuros na BSJD, foi criado um banco de dados no ArcGIS com informações dos municípios que compõe a bacia hidrográfica, neste banco de dados o usuário poderá encontrar informações quanto a área (km²), a UGRI pertencente, a posição do município dentro da bacia, a área de cultivo de cana, todas estas informações separadas por município. A figura 22 apresenta a planilha com a informações acima citado.

Figura 28: Banco de dados BSJD SJD ArcGIS 9.2.

Attributes of LIMMUNregion

LIMMUNregion.FID	LIMMUNregion.Shape *	LIMMUNregion.NUMERO	LIMMUNregion.MUNICIPIO	LIMMUNregion.SEDENAUGRH	LIMMUNregion.AREA_KM2	AREA CANA (ha)
0	Polygon	01	APARECIDA D'OESTE	18	181,142845	1425
1	Polygon	20	SÃO FRANCISCO	18	74,205685	552
2	Polygon	21	SÃO JOÃO DAS DUAS PONTES	18	128,112976	1883
3	Polygon	23	SEBASTIANÓPOLIS DO SUL	18	169,543238	6850
4	Polygon	02	AURIFLAMA	18	248,72347	5822
5	Polygon	01	BÁLSAMO	15	28,149493	4497
6	Polygon	02	COSMORAMA	15	120,37605	9235
7	Polygon	03	ESTRELA D'OESTE	15	133,607141	5698
8	Polygon	04	FLOREAL	18	101,047182	6044
9	Polygon	07	ILHA SOLTEIRA	18	566,126013	16266
10	Polygon	07	MERIDIANO	15	157,039428	5164
11	Polygon	10	POLONI	19	75,949216	5117
12	Polygon	11	SANTA CLARA D'OESTE	15	11,892884	0
13	Polygon	25	TRÊS FRONTEIRAS	18	136,361203	742
14	Polygon	14	URÂNIA	15	66,291026	1177
15	Polygon	09	MARINÓPOLIS	18	77,428003	18
16	Polygon	03	DIRCE REIS	18	86,994454	67
17	Polygon	13	NOVA CANAÃ PAULISTA	18	122,070565	508
18	Polygon	18	SANTA SALETE	18	58,595773	729
19	Polygon	22	SÃO JOÃO DE IRACEMA	18	179,977701	6840
20	Polygon	04	FERNANDÓPOLIS	15	196,360752	11747
21	Polygon	05	GENERAL SALGADO	18	304,540801	11951
22	Polygon	06	GUZOLÂNDIA	18	114,040594	4032
23	Polygon	05	ITAPURA	19	24,156321	10309
24	Polygon	08	MIRASSOL	15	28,301692	5155
25	Polygon	09	PEREIRA BARRETO	19	211,673655	23901
26	Polygon	08	JALES	18	227,016759	2081
27	Polygon	16	RUBINÉIA	18	241,105933	3288
28	Polygon	15	VALENTIM GENTIL	15	87,185953	2846
29	Polygon	11	NEVES PAULISTA	18	103,316291	7992
30	Polygon	12	NHANDEARA	18	240,372946	13691
31	Polygon	13	TANABI	15	133,579257	19381
32	Polygon	14	PALMEIRA D'OESTE	18	322,137996	260
33	Polygon	15	PONTALINDA	18	211,204495	3288
34	Polygon	17	SANTA FÉ DO SUL	18	189,123884	141
35	Polygon	06	MAGDA	19	230,684466	10122
36	Polygon	19	SANTANA DA PONTE PENSA	18	97,133801	552
37	Polygon	12	SUD MENNUCCI	19	202,372386	15025
38	Polygon	10	MONTE APRAZÍVEL	18	327,435557	17910
39	Polygon	16	VOTUPORANGA	15	260,275693	8104
40	Polygon	24	SUSANÁPOLIS	18	329,550227	6768

Record: 1 Show: All Selected Records (0 out of 41 Selected) Options

Fonte: Próprio autor

APÊNDICE B – Produção de cana-de-açúcar por Municípios

ano	Aparecida d'Oeste	Auriflama	Bálsamo	Cosmorama	Dirce Reis	Estrela d'Oeste	Fernandópolis
2003	68	214	121	467	0	2429	6097
2004	326	214	290	839	0	2644	6188
2005	276	214	290	1143	0	2781	6346
2006	277	214	681	1603	0	2825	6888
2007	564	1646	1571	4052	0	3536	7228
2008	1210	4051	3844	6493	0	4204	8707
2009	1313	5993	4311	8667	0	4461	9558
2010	1425	5920	4334	8959	67	5108	10515
2011	1425	5822	4497	9235	67	5698	11747
2012	1438	7238	4678	9848	194	6622	13108
2013	1469	9102	4618	11775	1184	7274	15333
ano	Floreal	General Salgado	Guzolândia	Ilha Solteira	Itapura	Jales	Magda
2003	0	5735	602	0	0	47	1281
2004	104	5625	602	68	792	50	1321
2005	104	6171	638	502	804	50	1444
2006	104	6698	708	598	804	50	1533
2007	1753	8613	1944	3347	3717	284	2750
2008	4347	10985	3045	10985	7570	613	6955
2009	5702	11837	4052	14874	9549	1112	9074
2010	5738	11727	3986	15374	10250	1430	9155
2011	6044	11951	4032	16266	10309	2081	10122
2012	6842	12837	4023	16511	10277	3825	12401
2013	8538	15019	3878	18902	10939	5073	14549
ano	Marinópolis	Meridiano	Mirassol	Monte Aprazível	Neves Paulista	Nhandeara	Nova Canaã Paulista
2003	0	599	684	7538	2087	102	0
2004	0	627	696	8958	2731	2281	0
2005	0	627	811	9695	2898	2767	0
2006	0	606	1258	11085	3961	3754	0
2007	0	1988	2505	14121	5644	7230	0
2008	0	2671	4091	17026	7504	10904	163
2009	0	3840	4946	17364	7813	13093	508
2010	18	4459	5133	17674	7830	13283	508
2011	18	5164	5155	17910	7992	13691	508
2012	18	5981	4976	17995	8215	14151	474
2013	323	6783	5232	18603	8931	16273	509
ano	Palmeira d'Oeste	Pereira Barreto	Poloni	Pontalinda	Rubinéia	Santa Clara d'Oeste	Santana da Ponte Pensa
2003	0	1067	1733	474	474	0	0
2004	0	1682	2129	563	563	0	0
2005	0	1818	2472	576	576	0	0
2006	0	2235	3030	580	580	0	0
2007	0	8688	3873	1302	1302	0	0
2008	0	17601	4759	2001	2001	0	0
2009	170	21569	4906	2785	2785	0	421
2010	346	23282	5010	3158	3158	0	421
2011	260	23901	5117	3288	3288	0	729
2012	295	25107	5234	4326	2041	0	755
2013	876	28884	5286	4989	2537	446	1134
ano	Santa Fé do Sul	Santa Saléte	São Francisco	São joão das Duas Pontes	São João de Iracema	Sebastianópolis	Sud Menucci
2003	0	0	0	0	4766	1593	7675
2004	0	0	0	0	4983	2264	8108
2005	0	0	0	0	5016	3227	8612
2006	0	0	0	0	5016	3623	8980
2007	7	0	0	148	6159	5400	10807
2008	29	0	0	370	6436	6359	14587
2009	86	0	0	945	6419	6881	15648
2010	141	0	94	1580	6653	6874	15460
2011	141	0	552	1883	6840	6850	15025
2012	141	0	681	2312	6838	6776	13299
2013	188	13	1173	2602	7342	7194	14334
ano	Suzanápolis	Tanabi	Três Fronteiras	Urânia	Valentin Gentil	Votuporanga	
2003	3244	547	0	0	0	361	
2004	3759	862	0	0	0	803	
2005	4885	1229	0	0	0	1333	

APÊNDICE C – Captação de água superficial

MUNICIPIO: **SUZANAPOLIS**															
Nome do Rio/Aquífero	**Código Rio/Poço**	**DistFoz(Km)**	**Autos**	**Usuário**	**FinalidUso**	**Uso**	**Seq**	**SitAdmin**	**Vazão(m3/h)**	**Hora/Dia**	**Dia/Mês**	**Mês/Ano**	**UTM-Norte(Km)**	**UTM-Leste(Km)**	**UTM-MC**
SAO JOSE DOS DOURADOS,R	120	48	9202710	US.RURAL	IRRIGAC	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	RESOLUCAO ANA	305.5	12	30	0	7728.87	491.34	51
SNA1 ITAGUABA/JACUTINGA,R	12002401	2	44874	AQUICULTOR	HIDROAG	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	PORTARIA	0.17	24	0	0	7733.14	497.62	51
SNA1 ITAGUABA/JACUTINGA,R	12002401	2	44874	AQUICULTOR	HIDROAG	CAPTACAO SUPERFICIAL	2	PORTARIA	0.5	24	0	0	7733.17	497.59	51
SNA1 JAGUAR,RIB	12002602	3	9200901	IRRIGANTE	IRRIGAC	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	REQ.INDEFERIDO		17	30	0	7734.8	493.5	51

MUNICIPIO: **GENERAL SALGADO**															
Nome do Rio/Aquífero	**Código Rio/Poço**	**DistFoz(Km)**	**Autos**	**Usuário**	**FinalidUso**	**Uso**	**Seq**	**SitAdmin**	**Vazão(m3/h)**	**Hora/Dia**	**Dia/Mês**	**Mês/Ano**	**UTM-Norte(Km)**	**UTM-Leste(Km)**	**UTM-MC**
SNA1 ACOITA															
CAVALOS,COR/(SALUSTIANO,C DO)	1,02057E+11	1.35	45237	AQUICULTOR	HIDROAG	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	PORTARIA	6.12	24	0	0	7716.05	572.25	51
LIMPO,COR	1,02057E+11	2	9700113	AQUICULTOR	HIDROAG	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	**	1	24	0	0	7714.35	568.45	51
LIMPO,COR	1,02057E+11	3.6	9700114	AQUICULTOR	HIDROAG	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	**	1.2	24	30	12	7715.35	567.9	51
TALHADO,RIB/COR	120009	6.07	9201791	INDUSTRIAL	INDUSTR	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	PORTARIA	400	24	30	0	7725.62	564.06	51
BURITIS,RIB	120010	20.51	9203339	IRRIGANTE	IRRIGAC	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	PORTARIA	10	6	30	0	7718.71	565.9	51
BURITIS,RIB	120010	26	9700111	IRRIGANTE	IRRIGAC	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	**	30	3	10	0	7718.4	566.75	51
LAGOA,COR DA	1200100101		9200119	AQUICULTOR	HIDROAG	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	IMPL AUTORIZADA		24	0	0	7713.4	563.55	51
SNA2 BURITIS,RIB	1200100301	0.4	9203585	US.RURAL	IRRIGAC	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	PORTARIA	8	3	30	0	7729.46	552.29	51

MUNICIPIO: **SEBASTIANOPOLIS DO SUL**															
Nome do Rio/Aquífero	**Código Rio/Poço**	**DistFoz(Km)**	**Autos**	**Usuário**	**FinalidUso**	**Uso**	**Seq**	**SitAdmin**	**Vazão(m3/h)**	**Hora/Dia**	**Dia/Mês**	**Mês/Ano**	**UTM-Norte(Km)**	**UTM-Leste(Km)**	**UTM-MC**
**		0	9203382	AQUICULTOR	DES/PIS	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	REQ.INDEFERIDO	2.3	24	30	0	7718.51	620.09	51
SAO JOSE DOS DOURADOS,R	120	261.7	9204943	INDUSTRIAL	INDUSTR	CAPTACAO SUPERFICIAL	2	PORTARIA	100	12	30	3	7724.76	608.86	51
SAO JOSE DOS DOURADOS,R	120	261.7	9204943	INDUSTRIAL	INDUSTR	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	PORTARIA	500	24	30	9	7724.76	608.86	51
SAO JOSE DOS DOURADOS,R	120	271.7	9200121	INDUSTRIAL	INDUSTR	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	PORTARIA	50	24	30	0	7725.1	613.1	51
SAO JOSE DOS DOURADOS,R	120	286	9204533	MINERADOR	MINER	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	IMPL AUTORIZADA	30	8	25	0	7718.49	621.66	51
JANUARIO DO															
AMARAL,COR/FUNDO,COR	120007	6	9202246	IRRIGANTE	IRRIGAC	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	PORTARIA	45	6	30	0	7719.47	615.24	51
SNA1 JANUARIO DO AMARAL,COR	1200070	1.45	9201317	AQUICULTOR	HIDROAG	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	PORTARIA	1.1	24	0	0	7715.64	611.36	51
SNA1 SAO JOSE DOS DOURADOS,R	120025	1.8	9200121	INDUSTRIAL	INDUSTR	CAPTACAO SUPERFICIAL	2	PORTARIA	50	24	30	0	7723.3	613.13	51

MUNICIPIO: **MERIDIANO**															
Nome do Rio/Aquífero	**Código Rio/Poço**	**DistFoz(Km)**	**Autos**	**Usuário**	**FinalidUso**	**Uso**	**Seq**	**SitAdmin**	**Vazão(m3/h)**	**Hora/Dia**	**Dia/Mês**	**Mês/Ano**	**UTM-Norte(Km)**	**UTM-Leste(Km)**	**UTM-MC**
**		0	9202700	IRRIGANTE	IRRIGAC	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	REQ.INDEFERIDO	5.84	20	30	0	7751.22	586.46	51
SUCURI,COR	101021105	3.1	9201141	IRRIGANTE	IRRIGAC	CAPTACAO SUPERFICIAL	2	PORTARIA	150	21	30	0	7753.18	593.81	51
PEDRA,COR DA	101021050	9.15	9201462	IRRIGANTE	IRRIGAC	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	PORTARIA	20	21	0	0	7753.07	584.08	51
SNA1 PEDRA,COR DA	1,01021E+11	0.7	9201722	IRRIGANTE	HIDROAG	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	PORTARIA	5	14	15	0	7752.57	590.56	51
SNA1 PEDRA,COR DA	1,01021E+11	1.7	9201751	IRRIGANTE	IRRIGAC	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	PORTARIA	1.35	24	15	0	7751.65	590.18	51
MARAVILHA,COR	1010210503	0,05	9201141	IRRIGANTE	IRRIGAC	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	PORTARIA	125	21	30	0	7752.55	592.55	51
MARAVILHA,COR	1010210503	1.7	9200671	IRRIGANTE	IRRIGAC	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	PORTARIA	20	20	0	0		7751 592.3	51
MARAVILHA,COR	1010210503	2.6	9205278	CONSTRUTOR	UMECS	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	PORTARIA	15	8	30	0		7750 592.12	51
MARAVILHA,COR	1010210503	3.08	9200450	AQUICULTOR	HIDROAG	CAPTACAO SUPERFICIAL	1	PORTARIA	15	2	0	0	7749.85	591.95	51
MARAVILHA,COR	1010210503	3.17	9200450	AQUICULTOR	HIDROAG	CAPTACAO SUPERFICIAL	2	PORTARIA	6	2	0	0	7749.85	591.85	51
SNA1 MARAVILHA,COR	1,01021E+11	1.35	9200392	AQUICULTOR	HIDROAG	CAPTACAO SUPERFICIAL	2	PORTARIA	4	24	30	0	7747.9	589.95	51