

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E SOCIEDADE –  
PPGAS/UEG**

**MONALISA SILVA ALMEIDA**

**EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO (1980-2018) E QUALIDADE  
DA ÁGUA SUPERFICIAL, SOB DOMÍNIO DA ATIVIDADE  
CANAVIEIRA, NA BACIA DO RIBEIRÃO SANTA  
BÁRBARA, GOIATUBA (GO)**

**MORRINHOS**

**2020**

**MONALISA SILVA ALMEIDA**

**EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO (1980-2018) E QUALIDADE  
DA ÁGUA SUPERFICIAL, SOB DOMÍNIO DA ATIVIDADE  
CANAVIEIRA, NA BACIA DO RIBEIRÃO SANTA  
BÁRBARA, GOIATUBA (GO)**

Dissertação apresentada como pré-requisito para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ambiente e Sociedade “mestrado acadêmico”, pela Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Morrinhos.

Orientador: Prof. Dr. Alik Timóteo de Sousa

**MORRINHOS**

**2020**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

AAL447 Almeida, Monalisa Silva  
e EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO (1980-2018) E QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL, SOB DOMÍNIO DA ATIVIDADE CANAVIEIRA, NA BACIA DO RIBEIRÃO SANTA BÁRBARA, GOIATUBA (GO) / Monalisa Silva Almeida; orientador Alik Timóteo de Sousa. – Morrinhos, 2020.  
73 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado Acadêmico em Ambiente e Sociedade) -- Câmpus Sudeste - Sede: Morrinhos, Universidade Estadual de Goiás, 2020.

1. Evolução da cultura canavieira no Brasil e em Goiás. 2. Caracterização e mudanças no uso dos solos no Ribeirão Santa Bárbara. 3. Avaliação de águas superficiais de áreas próximas a aplicação de vinhaça. I. Sousa, Alik Timóteo de, orient. II. Título.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus por ter me guiado até aqui. Agradeço à minha mãe, Marta Regina Silva Almeida e meu irmão Igor Henrique Silva Almeida, pela dedicação e apoio, por sempre me incentivarem e ajudarem em tudo que preciso e por mais que seja difícil o caminho, sempre estão ao meu lado me reerguendo e fazendo seguir em frente.

Ao meu marido Bruno César Rossi Lemes, que se dedica diariamente a tornar meus dias mais fáceis, pelo companheirismo, compreensão, paciência, ajuda e que me incentiva mais e mais a fazer sempre o melhor.

A minha amiga Maria Clara Afonso, pelas conversas que tornaram o trabalho menos desgastante e ajudas durante as correções e auxílios durante a confecção desta dissertação.

Às minhas amigas Amanda Barbosa e Flávia Christina Costa Gomes, pelas conversas e ajudas durante todos os anos do mestrado que contribuíram muito para que eu conseguisse finalizar este trabalho.

Ao meu orientador, o Prof. Dr. Alik Timóteo de Sousa, por todas as orientações, paciência e dedicação durante a construção deste trabalho.

A Universidade Estadual de Goiás pela oportunidade de desenvolvimento desta pesquisa e a FAPEG pela bolsa concedida.

Enfim a todos que de alguma forma me ajudaram para a realização deste trabalho. Muito obrigada!

ALMEIDA, Monalisa Silva. Evolução do uso do solo (1980-2018) e qualidade da água superficial, sob domínio da atividade canavieira, na bacia do ribeirão santa bárbara, Goiatuba (GO). 73 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sociedade) – Universidade Estadual de Goiás, Morrinhos, 2020.

## RESUMO

A área plantada de cana-de-açúcar tem aumentado nas últimas duas décadas, nos Estados brasileiros produtores de açúcar e etanol. O Estado de Goiás, atualmente é o terceiro com maior número de unidades processadoras de cana-de-açúcar por apresentar condições de topografia, e solos favoráveis ao cultivo da cana. O município de Goiatuba localizado no Sul de Goiás possui três usinas de açúcar e álcool, devido às condições favoráveis do meio físico quanto ao clima com duas estações hídricas definidas, principalmente verão chuvoso e inverno seco, solos fisicamente bem desenvolvidos e relevo plano a suavemente ondulado que possibilita a mecanização das áreas canavieiras. Outros aspectos positivos do município para o referido cultivo referem-se a logística, pois é entrecortado por rodovias estaduais e a BR 153 e as leis ambientais que permitem a expansão da cana em áreas de Cerrado, bioma que ocorre em Goiatuba. A pesquisa teve como objetivos: Avaliar a evolução do uso dos solos nos anos de 1980, 2000 e 2018 no entorno da usina Bom Sucesso e realizar análises de água para verificar possíveis alterações provenientes da atividade sucroalcooleira. A investigação foi realizada a partir de pesquisa bibliográfica sobre a expansão da cana-de-açúcar no Brasil, sobretudo no estado de Goiás e seus impactos econômicos, sociais e ambientais. Foram produzidos mapas de localização, área de drenagem, mapa de classificação dos solos e usos dos solos para reconhecimento das características do meio físico ocupado pela atividade canavieira e averiguar a evolução dos usos na bacia do ribeirão Santa Bárbara onde está instalada a referida usina. Realizou-se também análises de água para avaliar possível contaminação por vinhaça, principal subproduto industrial da destilação do etanol. Os resultados obtidos permitem afirmar que houve mudanças significativas quanto ao uso do solo após o início da atividade sucroalcooleira, redução na área destinada às pastagens e aumento da área agrícola. Os resultados das análises de água permitiram verificar alterações nos níveis de DQO e nitrogênio total, indicando provável contaminação por vinhaça na área pesquisada.

**Palavras-Chave:** Cana-de-açúcar. Impactos ambientais. Produção de etanol. Vinhaça.

ALMEIDA, Monalisa Silva. Evolution of land use (1980-2018) and quality of surface water, under the domain of sugar cane activity, in the basin of ribeirão santa bárbara, Goiatuba (GO). 73 f. Dissertation (Master in Environment and Society) – Goiás State University, Morrinhos, 2020.

## ABSTRACT

The area planted with sugarcane has increased in the last two decades, in the Brazilian states producing sugar and ethanol. The state of Goiás is currently the third state with the largest number of sugarcane processing units due to its topography and soil conditions favorable to sugarcane cultivation. The municipality of Goiatuba located in the south of Goiás has three sugar and alcohol plants, due to the favorable conditions of the physical environment as regards the climate with two defined water seasons, mainly rainy summer and dry winter, physically well developed soils and flat to gently undulating relief. that allows the mechanization of sugarcane areas. Other positive aspects of the municipality for this cultivation refer to logistics, as it is intersected by state highways and BR 153 and environmental laws that allow the expansion of sugarcane in areas of Cerrado, a biome that occurs in Goiatuba. The research had as objectives: To evaluate the evolution of the use of the soils in the years of 1980, 2000 and 2018 near the Bom Sucesso plant and to carry out water analysis to verify possible alterations from the sugar and alcohol activity. The research was carried out based on bibliographic research on the expansion of sugarcane in Brazil, especially in the state of Goiás and its economic, social and environmental impacts. Location maps, drainage area, soil classification map and soil uses were made to recognize the characteristics of the physical environment occupied by the sugarcane activity and to investigate the evolution of uses in the Santa Bárbara stream basin where the plant is located. Water analyzes were also carried out to assess possible contamination by vinasse, the main industrial by-product of ethanol distillation. The results obtained allow us to affirm that there were significant changes regarding the use of the soil after the beginning of the sugar and alcohol activity, reduction in the area destined to pastures and increase of the agricultural area. The results of the water analysis allowed to verify alterations in the COD and total nitrogen levels, indicating probable contamination by vinasse in the researched area.

**Keywords:** Sugar Cane, Environment Impacts, Ethanol production, Vinasse.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO I

<b>Figura 1</b>	Quantidades de usinas no país	15
<b>Figura 2</b>	Descarte de vinhaça diretamente no Rio Ipojuca, Pernambuco	28
<b>Figura 3</b>	Mortalidade de peixes devido à falta de oxigênio no Rio Ipojuca - PE	28

### CAPÍTULO II

<b>Figura 1</b>	Mapa de localização da microbacia do ribeirão Santa Bárbara e localização da usina Bom Sucesso	42
<b>Figura 2a</b>	Mapa classes de solos bacia hidrográfica do ribeirão Santa Bárbara	44
<b>Figura 2b</b>	Mapa de declividade	44
<b>Figura 3</b>	Mapa de uso do solo bacia hidrográfica Ribeirão Santa Bárbara 1980,2000 e 2018	46

### CAPÍTULO III

<b>Figura 1</b>	Mapa dos locais de coleta	58
<b>Figura 2</b>	Esquema do procedimento de realização da análise de alcalinidade	60
<b>Figura 3</b>	Gráfico dos valores de potencial hidrogeniônico para os pontos analisados	63
<b>Figura 4</b>	Gráfico dos valores de condutividade elétrica para os pontos analisados	63
<b>Figura 5</b>	Gráfico dos valores de temperatura para os pontos analisados	64
<b>Figura 6</b>	Gráfico dos valores de alcalinidade total para os pontos analisados	65
<b>Figura 7</b>	Gráfico dos valores de dureza para os pontos analisados	65
<b>Figura 8</b>	Gráfico dos valores de cloretos para os pontos analisados	66
<b>Figura 9</b>	Gráfico dos valores de ferro para os pontos analisados	66
<b>Figura 10</b>	Gráfico dos valores de sílica para os pontos analisados	67
<b>Figura 11</b>	Gráfico dos valores de turbidez para os pontos analisados	67
<b>Figura 12</b>	Gráfico dos valores de cor para os pontos analisados	68
<b>Figura 13</b>	Gráfico dos valores de DBO para os pontos analisados	68
<b>Figura 14</b>	Gráfico dos valores de DQO para os pontos analisados	69
<b>Figura 15</b>	Gráfico dos valores de nitrogênio total para os pontos analisados	70
<b>Figura 16</b>	Gráfico dos valores de potássio para os pontos analisados	70

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

### CAPÍTULO I

<b>Tabela 1</b>	Uso da água (valores médios) em usinas com destilarias anexas	29
-----------------	---	----

### CAPÍTULO II

<b>Tabela 1</b>	Quantificação do uso do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara – 1980, 2000 e 2018	47
-----------------	--	----

### CAPÍTULO III

<b>Quadro 1</b>	Identificação dos pontos de coleta	58
-----------------	------------------------------------	----



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência nacional de águas
ATR	Açúcares totais recuperáveis
CBH	Comitê da bacia hidrográfica
CETESB	Companhia ambiental de São Paulo
CONAMA	Conselho nacional do meio ambiente
CTC	Capacidade de troca de cátions
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
EMBRAPA	Empresa brasileira de pesquisa agropecuária
IAA	Instituto do açúcar e do álcool
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
PAV	Plano de Aplicação de Vinhaça
pH	Potencial hidrogeniônico
PPM	Parte por milhão
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Álcool
SEPLAN	Secretaria de Planejamento e Orçamento
ÚNICA	União da agroindústria canavieira
VMP	Valor máximo permitido
VREC	Vital Renewable Energy Company
ZAE	Zoneamento Agroecológico da Cana de açúcar

## SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	10
<b>Capítulo I</b>	<b>EVOLUÇÃO DA CANA DE AÇÚCAR NO BRASIL E EM GOIÁS</b>	<b>12</b>
<b>1</b>	Introdução	12
<b>2</b>	Resultados e discussão	13
<b>2.1</b>	Evolução da cultura canavieira no Brasil	13
<b>2.2</b>	Evolução da cultura canavieira em Goiás	16
<b>2.3</b>	Impactos econômicos e sociais da cultura canavieira	18
<b>2.4</b>	Impactos ambientais provocados pela monocultura da cana	17
<b>2.4.1</b>	Água	25
<b>2.4.2</b>	Solos	30
<b>3</b>	Considerações Finais	32
<b>4</b>	Referências	34
<b>Capítulo II</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO E MUDANÇAS NOS USOS DO SOLO NA BACIA DO RIBEIRÃO SANTA BÁRBARA ENTRE OS ANOS DE 1980 A 2018, GOIATUBA-GO</b>	<b>38</b>
<b>1</b>	Introdução	38
<b>2</b>	Metodologia	40
<b>2.1</b>	Área de estudo e caracterização	40
<b>2.2</b>	Análise de dados	42
<b>3</b>	Resultados e discussão	43
<b>4</b>	Considerações finais	50
<b>5</b>	Referências	51
<b>Capítulo III</b>	<b>AVALIAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS DE ÁREAS PRÓXIMAS A APLICAÇÃO DE VINHAÇA</b>	<b>54</b>
<b>1</b>	Introdução	54
<b>2</b>	Objetivos	57
<b>3</b>	Metodologia	57
<b>4</b>	Resultados e discussão	62

<b>5</b>	Considerações finais	70
<b>6</b>	Referências	71

## INTRODUÇÃO

A cana de açúcar tem seu registro de origem no sudoeste da Ásia, sendo introduzida no Brasil no período colonial em 1493, seu cultivo teve início no país em 1532 nas capitais de São Vicente e Pernambuco, onde começaram a surgir os primeiros engenhos. O cultivo visava a produção de açúcar para abastecer o mercado europeu. A atividade utilizava mão de obra escrava e força motriz animal nas lavouras e engenhos. Neste período a produção de açúcar teve um crescimento significativo aumentando cada vez mais a quantidade de engenhos (BARBALHO; SILVA; CASTRO, 2013).

O mercado de exportação do açúcar brasileiro para a Europa se apresentava cada vez mais forte e lucrativo, o que chamou a atenção dos holandeses que decidiram invadir Pernambuco, com o objetivo de adquirirem experiência na produção de açúcar, para então exportarem para a Europa e, a partir de então, seguem para as Antilhas para produzirem açúcar, tornando-se concorrentes do Brasil (COSTA, 2014).

Devido à concorrência dos holandeses, os preços do açúcar tiveram queda e, a exportação brasileira entra em estagnação, até metade do século XX, neste momento acontecia uma expansão da lavoura canavieira significativa na região paulista, como as usinas da região Nordeste eram responsáveis por toda a exportação brasileira, o presidente Getúlio Vargas cria o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), que previa cotas de produção com quantidade de cana a ser moída com o objetivo de se evitar uma superprodução (CAMARGO et al., 2008).

O IAA esteve ativo de 1933 até 1990, deixando como principal contribuição a estratégia de atuação do setor sucroenergético. Seu fim trouxe consigo um período de crise que deu origem a criação do Programa Nacional do Alcool (BARBALHO; SILVA; CASTRO, 2013).

Na década de 1970, ocorria a crise do petróleo que provocou efeitos na economia do mundo todo, neste momento, a produção de cana-de-açúcar volta a ser forte, pautada agora na produção de etanol, como substituto da gasolina devido aos altos preços do petróleo.

Segundo Camargo et al. (2008) a partir do século XXI, iniciou-se um novo ciclo do setor sucroalcooleiro de produção de etanol, dessa vez relacionado às questões ambientais, por ser um combustível menos poluente que a gasolina. A partir de então, a área plantada de etanol no país cresceu de forma considerável, se tornando o segundo maior produtor de etanol do mundo, perdendo apenas para os Estados Unidos da América, cuja matéria prima principal é o milho.

A expansão do setor sucroalcooleiro ocasionou aumento da demanda por terras para o cultivo da cana de açúcar, para isto criou-se o ZAE (Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar), que prevê orientações de locais que podem ser utilizados para o seu cultivo (RIBEIRO, FERREIRA, FERREIRA, 2014). O ZAE permite a expansão da cultura canavieira sobre áreas do bioma Cerrado, o que contribuiu para o crescimento desta cultura no estado de Goiás, que além de apresentar condições de topografia e clima favoráveis com duas estações bem definidas, verão quente e úmido e inverno seco, características apropriadas para o desenvolvimento da cultura devido seu longo ciclo cultural.

A pesquisa teve como objetivo avaliar a evolução do uso dos solos nos anos de 1980, 2000 e 2018 e possíveis alterações físico-químicas que influenciam na qualidade da água no entorno de uma agroindústria sucroalcooleira, na bacia do ribeirão Santa Bárbara, em Goiatuba, GO.

A investigação foi realizada, a partir de uma revisão bibliográfica sobre a temática proposta sucedida pela escolha e seleção da área a ser pesquisada, sendo organizada em três capítulos. O primeiro capítulo expõe, a partir de pesquisa bibliográfica, dados sobre a expansão da cultura canavieira em seu contexto histórico no país e no estado de Goiás e os impactos sociais, econômicos e ambientais (solo e água) decorrentes da atividade sucroalcooleira.

O segundo capítulo apresenta características do meio físico, a partir da análise de mapas de localização, área de drenagem, classificação dos solos e uso dos solos nos anos 1980, 2000 e 2018 e levantamento dos aspectos socioeconômicos do município de Goiatuba e da usina Bom Sucesso.

O terceiro capítulo apresenta dados de análises físico-químicas da água de cinco pontos do córrego D'Anta que circunda e abastece a usina Bom Sucesso verificando possíveis alterações devido a supracitada atividade sucroalcooleira.

## CAPÍTULO I – EVOLUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL E EM GOIÁS

### 1- INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) teve origem no Sudoeste da Ásia, destinada principalmente à produção de açúcar, foi introduzida no Brasil ainda no período colonial, sendo seu cultivo iniciado em 1532. O aumento de áreas plantadas com esta cultura ocorreu de forma acelerada em todo o país, principalmente na região nordeste. Nesse período o Brasil era o exportador de açúcar para a Europa, movimentando a economia brasileira. O mercado promissor de exportação açucareira chamou atenção dos holandeses que invadiram Pernambuco com o objetivo de adquirirem experiência no cultivo e produção de açúcar tornando-se concorrentes do Brasil (SILVA, 2012).

A concorrência dos holandeses fez com que o mercado açucareiro no país entrasse em estagnação, neste período havia um aumento em áreas plantadas com cana-de-açúcar na região paulista, com o objetivo de se evitar uma superprodução o presidente Getúlio Vargas, cria o Instituto do açúcar e do álcool com cotas de produção para cada engenho para se evitar uma excesso de produção (COSTA, 2014).

A cultura canavieira volta a apresentar crescimento na década de 1970, com a crise do petróleo, dessa vez pautada na produção de etanol como combustível alternativo à gasolina, mais tarde a produção açucareira torna-se ainda mais forte com a produção de carros movidos a álcool, desta vez não foi devido aos elevados preços do petróleo, mas, sim pautado em questões ambientais, pois o etanol é quatro vezes menos poluente que a gasolina (SILVA, 2012).

Contudo, apesar de o etanol ser um combustível menos poluente, a instauração da monocultura da cana provoca impactos sociais, econômicos e ambientais que serão discutidos ao longo do capítulo.

Busca-se assim neste capítulo compreender como aconteceu a expansão da cultura canavieira no país com ênfase no estado de Goiás e seus impactos sociais, econômicos e ambientais, relacionados à contaminação do solo e água, por meio de levantamento teórico em artigos científicos, livros, teses e dissertações sobre a evolução da cultura canavieira no Brasil e em Goiás e seus impactos sociais, econômicos e ambientais.

## 2- RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.1 - Evolução da cultura canavieira no Brasil

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) teve origem no Sudoeste da Ásia, cujo cultivo era destinado principalmente à produção de açúcar. É uma gramínea, utilizada para a alimentação, que ao longo dos séculos foi alvo de disputas. Foi introduzida no Brasil no período colonial, sendo seu cultivo iniciado em 1532 por Martin Afonso de Souza, na Capitania de São Vicente e capitania de Pernambuco por Duarte Coelho, onde ocorreu a construção dos primeiros engenhos (COSTA, 2014).

O aumento de áreas plantadas com cana-de-açúcar aconteceu de forma acelerada em várias regiões do país, principalmente na região Nordeste devido à presença de terras férteis e proximidade com o mar, com objetivo de facilitar a exportação do açúcar para a Europa por meio de navegações. A expansão da cultura em Pernambuco ocorreu de forma muito rápida em 17 anos de implantação (1532-1549), já havia 23 engenhos (REIS, 2014).

Segundo Adão (2007), durante o período colonial houve intenso desmatamento e queimadas para cederem lugar ao plantio da cana-de-açúcar, visando principalmente o retorno financeiro por meio da exportação de açúcar para a Europa com utilização de mão de obra escrava. O crescente lucro brasileiro com a cultura canavieira chamou atenção dos holandeses, que invadiram Pernambuco para adquirir experiência no cultivo dessa planta, prosseguindo sua produção nas Antilhas, tornando-se concorrentes do Brasil no comércio europeu.

A forte concorrência antilhana segundo Furtado (2005) fez com que os preços do açúcar fossem reduzidos e a exportação açucareira entrasse em estagnação, até metade do século XX. As usinas da região Nordeste eram responsáveis por toda a exportação brasileira, o que apresentava notável risco de superprodução graças a expansão na região paulista, fato que motivou o então presidente Getúlio Vargas em 1933 a criar o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) que criou cotas para cada usina com quantidade de cana a ser moída, com o objetivo de controlar a produção.

Costa (2014) menciona em seu trabalho que:

A criação do IAA foi o primeiro marco de intervenção do Estado no século XX, e permitiu que a cana-de-açúcar tivesse prioridade no campo brasileiro. Diante disso, as características agrárias do Brasil se transformaram em virtude do plantio de cana-de-açúcar. Essas alterações não se deram ao acaso, todas foram norteadas por um

objetivo, o qual, ora serve as necessidades do capital de maneira direta, ora o serve de forma indireta. Entretanto, o capital não se reproduz naturalmente, sujeitos são necessários para viabilizar sua reprodução (COSTA, 2014, p. 41).

A produção da cana-de-açúcar volta a ser forte na década de 1970, com a crise do petróleo, neste período descobriu-se que o petróleo era um recurso não-renovável, fazendo que o preço do barril triplicasse em pouco mais de sete anos, o que provocou efeitos na economia de todo o mundo. Devido ao aumento do preço do petróleo, entre os anos de 1973-1974, o Brasil foi forçado a enfrentar a crise energética devido às restrições ao mercado dos países desenvolvidos. No ano de 1977 o país já possuía uma dívida externa de aproximadamente U\$\$ 10 bilhões de dólares (LEITE; LEAL, 2007).

A crise do petróleo motivou o governo brasileiro, Ernesto Geisel investir fortemente no setor canavieiro para a produção de etanol para ser utilizado como fonte alternativa de combustível. Neste sentido, o governo brasileiro com o intuito de incentivar a produção do etanol em 14 de novembro de 1975 pelo decreto nº 76.593 criou o Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL), que teve duas fases: a primeira durante o século XX com a produção de carros movidos exclusivamente a álcool, a segunda durante o século XXI pela produção de carros *flex* movidos tanto a álcool, quanto a gasolina (COSTA, 2014).

A partir do século XXI, inicia-se segundo Camargo et al. (2008), um novo ciclo no setor sucroalcooleiro pautado não mais na substituição da gasolina como combustível pela crise do petróleo, mas sim relacionado às questões ambientais, pois o etanol é um combustível menos poluente que a gasolina.

Neste contexto, segundo Almeida e Santos (2018) a área plantada de cana-de-açúcar tem aumentado de forma considerável, tanto que em 2010, segundo dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Brasil se apresentava como maior produtor mundial de cana-de-açúcar e etanol produzido utilizando a cana como matéria prima, ficando em segundo lugar, no mercado mundial de etanol, perdendo apenas para os Estados Unidos, cuja produção é feita principalmente a partir do milho.

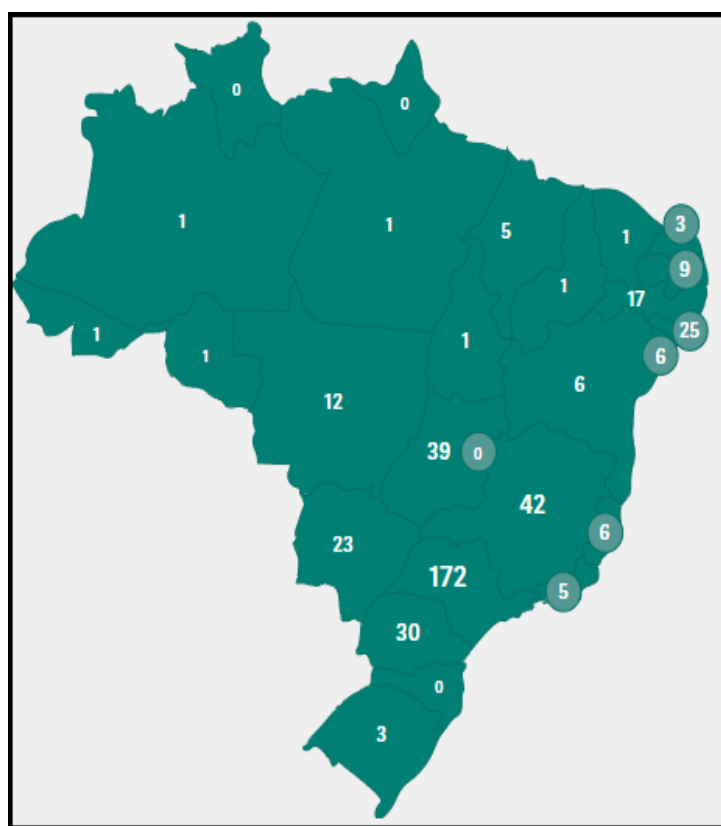
A expansão da cultura canavieira no Brasil tem relação com a política, o presidente Luís Inácio Lula da Silva (2003-2006 e 2007-2011) tinha em seu governo a propagação da erradicação da pobreza e o intuito de que o Brasil fosse um líder mundial na produção de energia limpa, dessa forma o país se tornava neste período um grande incentivador de políticas públicas que favoreciam o cultivo da cana-de-açúcar, tendo como justificativa a preocupação am-



biental, o governo incentiva ainda novamente o PROÁLCOOL que fora lançado em 1975, como alternativa à crise do petróleo de 1973 (CUNHA, PREVITALI, 2014).

Segundo a União das Indústrias de Cana-de-Açúcar no Brasil (UNICA, 2019), o setor sucroalcooleiro conta no país com 410 usinas em funcionamento em diversas regiões do país, cuja maior concentração se encontra no estado de São Paulo, contando com um total de 172 usinas em pleno funcionamento, seguido pelos estados de Minas Gerais com 42 usinas e Goiás com 39 usinas (Figura 1) (NOVA CANA, 2018).

**Figura 1** – Quantidades de usinas sucroalcooleiras por estado brasileiro, 2018



**Fonte:** Nova cana, 2018

O Estado de Goiás é o terceiro do país em quantidade de unidades processadoras da cultura canavieira, perdendo apenas para São Paulo e Minas Gerais, sendo seguido por Paraná, Alagoas, Mato Grosso do Sul, Pernambuco e Mato Grosso.

A expansão do setor sucroalcooleiro provocou uma demanda por Terras para o cultivo da cana-de-açúcar, para isto o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA, coordenou uma pesquisa que criou o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar – ZAE,

que prevê orientações de locais que podem ser utilizados para esse cultivo (RIBEIRO, FERREIRA, FERREIRA, 2014).

A busca mundial por fontes alternativas de energias e a utilização do etanol como combustível, motivou a expansão das lavouras de cana-de-açúcar no Brasil, rumo ao Cerrado, delimitada pelo ZAE, além de incentivos do governo (SAUER, PIETRAFESA, 2012).

## **2.2- Evolução da cultura canavieira em Goiás**

A partir do início do século XX aumenta progressivamente as atividades agropecuárias em Goiás, sobretudo devido a crescente ocupação capitalista das terras do estado (MIZIARA, 2009). O cultivo da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) no estado tem seus primeiros registros encontrados, por volta de 1935, utilizada principalmente na produção de açúcar e cachaça (BARBALHO, SILVA, CASTRO 2013).

Avaliando um período de 10 anos, segundo o portal CANASAT, na safra de 2003 Goiás apresentava área plantada de cana-de-açúcar de 142.714 ha e em 2013 área de 968.090 ha um crescimento de mais de 500% em área plantada, o que pode ser explicado pelos incentivos na produção de etanol como combustível e conseqüente aumento da quantidade de unidades processadoras de cana, demandando aumento de matéria prima, acarretando conseqüências ambientais e sociais.

Goiás teve sua primeira indústria de processamento de cana em 1944 graças a iniciativa de governo. A introdução desta cultura em terras goianas tem dados bem recentes, sendo avançado em 1985, até esta data o estado contava apenas com duas unidades processadoras que ainda hoje estão em funcionamento. Atualmente existem 39 unidades processadoras, tendo sido instaladas no estado nos últimos 34 anos o equivalente a 37 usinas sucroalcooleiras (OLIVEIRA, 2012).

A dinâmica de ocupação do Cerrado Goiano foi induzida pelo deslocamento das usinas sucroenergéticas da região Sudeste para o estado de Goiás que possuía então terras favoráveis para o cultivo desta gramínea (BORGES, 2011).

A respeito do crescimento da cultura da cana-de-açúcar em Goiás, Reis (2014), afirma que:

A cana-de-açúcar no Estado de Goiás tem se concentrado na porção sul e central, com inúmeras usinas em operação e em implantação. Nesse ponto, vale lembrar que a implantação de usinas em alguns dos municípios goianos tem significado um expressivo crescimento econômico, dada a competitividade do setor em oferecer uma cadeia de produtos e serviços. A partir dos dados estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Secretaria de Planejamento do Estado (SEPLAN), verifica-se que houve aumento da produção e conseqüentemente aumento da área plantada a partir de 2000 (Reis, 2014, p. 16).

O cultivo da cana de açúcar fez alterações significativas na economia do estado de Goiás que hoje é o terceiro maior produtor de cana e o quarto maior produtor de etanol do país (CONAB, 2018). A instalação de uma usina de processamento exerce influência sobre a proximidade com as áreas de cultivo, que deve compreender em média um raio de 40 km, pois a cana de açúcar assim que colhida começa a perder ATR (açúcares totais recuperáveis).

O aumento das usinas produtoras de açúcar e álcool em Goiás se deve a uma série de fatores, dentre eles destaca-se a proibição da queima da palhada da cana no estado de São Paulo, que obrigou os produtores a investirem na mecanização (MESQUITA; FURTADO, 2016). Neste sentido, era necessário que se pensasse ainda nas vantagens locais preferindo regiões com topografia plana e solos fisicamente bem desenvolvidos, como ocorrem em terras goianas. Contudo, a proibição da queima ainda não trouxe efeitos em curto prazo em relação ao aumento de usinas no estado que só alavanca no setor devido ao aumento da demanda por etanol, a partir de 2003, época esta que se apresentava inviável aumentar o número de usinas sucroenergéticas no estado de São Paulo.

O aumento crescente da plantação de canaviais acarreta uma preocupação quanto à sustentabilidade, neste sentido foi criado o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar (ZAE), segundo a Embrapa (2009), foi desenvolvido para auxiliar na escolha de áreas para o crescimento da cultura canavieira, considerando a produção sustentável da cana em todo o território brasileiro, identificando áreas aptas de acordo com a aptidão do solo, além de restrições legais e ambientais.

### **2.3- Impactos econômicos e sociais da cultura canavieira**

A economia do Brasil está fortemente relacionada com a agricultura, tendo destaque as lavouras de milho, soja e cana de açúcar (*Saccharum spp*). Quando se trata da cultura canavieira em relação à economia do país, deve-se levar em consideração que esta cultura está inserida nas terras brasileiras, desde o processo de colonização, tendo importância diferente no

decorrer dos anos na economia relacionada à produção de açúcar e posteriormente de etanol, fato que está ligado ao processo histórico do país.

Ainda no início do processo de colonização brasileira, a produção açucareira foi fundamental para a viabilização da defesa e ocupação de suas terras, e graças ao açúcar, Portugal se transformou em uma potência colonial na América (SHIKIDA; SOUZA, 2009). Posteriormente com a crise do petróleo na década de 1970, o álcool derivado da cana-de-açúcar também contribuiu com a economia brasileira, sendo produzido como alternativa aos altos preços do petróleo, triplicando sua produção, aliviando assim a pressão sobre a dívida externa brasileira (SHIKIDA; BACHA, 1999).

Segundo Shikida; Souza (2009), a geração de empregos tem sido um dos aspectos sociais mais importantes gerados pela cana-de-açúcar, ajudando a melhorar a qualidade de vida em muitas localidades, onde as unidades processadoras estão instaladas. Além disso, por meio de compras de equipamentos, insumos e terceirização de serviços por parte das usinas, mais de 50 mil empresas são beneficiadas, devendo se destacar ainda a geração de impostos que é outro fator social da importância do agronegócio canavieiro, sendo recolhidos anualmente mais de US\$ 12 milhões de dólares, aos cofres públicos.

O Brasil é hoje o maior produtor mundial de cana-de-açúcar seguido pela Índia e pela Austrália, detendo atualmente quase um terço do mercado de exportação mundial, o estado de Goiás aparece como terceiro maior produtor do país graças as terras, arrendamentos de baixo custo e incentivos do governo, além de boa malha viária, solos férteis, declividade favorável à colheita da cana e condições edafoclimáticas favoráveis (CASTILLO, 2009).

Quando se trata dos impactos sociais relacionados à cultura canavieira, o ponto que muito se destaca é a geração de empregos, mas cabe destacar aqui que durante a inserção desta cultura no país utilizava-se de mão de obra escrava.

Ainda nos dias atuais, existem trabalhadores nos canaviais em condições precárias de trabalho e salário; o setor sucroalcooleiro sofreu grandes transformações relacionadas à tecnologia no campo, intensificadas na década de 1990, o que provocou piores condições de trabalho, pois, modernização é sinônimo de intensificação no processo produtivo, provocando impactos físicos e psicológicos nos trabalhadores, além de aumentar o risco de acidente de trabalho, por exemplo ao se comparar o corte manual da cana com o corte mecanizado, o operador

da máquina para o corte mecanizado está exposto diretamente a riscos de acidentes de trabalho, muitas vezes fatais (FRANCO-BENATTI, 2016).

Outro impacto social provocado pela agroindústria está relacionado à migração de trabalhadores, algumas empresas buscam funcionários de estados como Piauí, Bahia, Alagoas e Maranhão atraídos pela oportunidade de emprego que muitas vezes não encontram em seus estados de origem, em virtude da escassez de mão de obra local que já conhecem o setor e em sua maioria preferem outros tipos de emprego. Uma vez longe de seus estados estes trabalhadores passam a residir em periferias, com condições insalubres de moradia, aumentando os índices de prostituição, homicídios e mortes por exaustão (GIRALDO; MARQUES, 2017).

O Ministério do Trabalho prevê orientações em relação a condições e jornadas de trabalho e realiza fiscalizações, melhorando assim as condições físicas dos trabalhadores, porém as condições de exploração continuam, entre 2003 e 2013, 10709 trabalhadores foram resgatados de condições escravas de trabalho, porém a fiscalização ainda é falha e a mão de obra continua sendo explorada, seja nos trabalhos de corte, plantio ou até mesmo nos trabalhos industriais (MENDONÇA, 2007).

Portanto, faz-se necessário indagar: a atividade canavieira é positiva quando ocupa um determinado município? Quais as vantagens e desvantagens da implantação de uma agroindústria sucroenergética em um determinado lugar?

A expansão da referida cultura acarretou muitas mudanças na sociedade, entre elas destaca-se: a exploração de forma contínua e, muitas vezes, desumanizada da mão de obra, prejuízo à agricultura familiar, pela redução de áreas destinadas a policultura, gerando impacto no solo pela produção contínua de cana-de-açúcar, além da expropriação do pequeno produtor, que se vê obrigado a arrendar suas terras, ocasionando o crescimento do latifúndio, provocando ainda redução da biodiversidade local e aumento da concentração de renda (TEIXEIRA; BARREIRA; RIBEIRO, 2011).

Quando se trata de arrendamento de terras é necessário entender que esta prática provoca uma série de prejuízos sociais e econômicos ao pequeno produtor, entre elas está a dificuldade do produtor familiar retomar suas terras, uma vez que as usinas (empresas arrendatárias), desmatam a propriedade, derrubam cercas, currais e construções, tornando a terra inviável para a retomada do produtor, que se vê obrigado a assinar contratos permanentes com as usi-

nas, além disso, os pequenos produtores que têm propriedades próximas aos canaviais sofrem consequências como: contaminação pelo uso de agrotóxicos e pela fuligem proveniente das queimadas, preferindo assim arrendar suas terras para as usinas (CASTILLO, 2009).

Segundo Scopinho (2000), as condições de trabalho nas indústrias de processamento de cana e também o trabalho na área rural sempre se caracterizaram pela falta de condições humanas de insalubridade e periculosidade, contudo, o setor tem passado por várias mudanças e implantações tecnológicas, com utilização de máquinas e equipamentos onde antes eram realizadas por trabalhadores braçais, por outro lado, reduzem os postos de trabalho.

A colheita mecanizada da cana, cada vez mais substitui o trabalho manual dos cortadores. A mecanização não diminui a carga de trabalho físico e mecânico, além de aumentar no trabalhador a carga psíquica e fisiológica graças ao aumento do ritmo de trabalho, com pequenas pausas para refeições e descanso que são realizados no próprio ambiente de trabalho (SCOPINHO et al., 1999). Mesmo a legislação trabalhista prevendo jornadas para trabalho e descanso, as usinas têm metas a serem batidas em todos os turnos e em quase todos os setores, o que obriga o trabalhador a registrar nos papéis horário de descanso e mesmo assim trabalhar durante este período.

Os trabalhadores muitas vezes se encontram nesses ambientes industriais, sobrecarregados pelas jornadas de trabalho, mesmo obedecendo as oito (8) horas previstas na legislação às indústrias em sua maioria se encontram afastadas da cidade, obrigando o trabalhador a se deslocar em transportes oferecidos pela própria usina que geralmente são muito desconfortáveis. Em muitos casos ficam mais de 12 horas diárias entre sair e retornar para casa. Há registros de máquinas colhedoras que trabalham em turnos de até 27 horas seguidas, o que mostra que algumas legislações trabalhistas ainda estão sendo descumpridas (GIRALDO; MARQUES, 2017).

Sabe-se que, as empresas têm, como principal objetivo a obtenção do lucro e nas indústrias este fator é bastante evidente, pessoas que tem cargos de chefia dentro das empresas são orientadas e cobradas sempre em relação à produtividade dentro de cada setor, muitas vezes fazendo vista grossa em relação à jornada de trabalho e condições humanas para exercício das atividades, por este motivo existe nas empresas sucroalcooleiras grande número de processos judiciais trabalhistas (DUBAT, 2008).

Outro fator importante é a expansão da cana-de-açúcar em regiões antes voltadas à pecuária, um exemplo claro desta substituição é a região do Triângulo Mineiro, que era referência nacional na produção leiteira, atualmente vive o avanço dos canaviais sobre a produção de leite, carne e couro. A região do Oeste Paulista vive a mesma situação de avanço dos canaviais sobre a pecuária, o aumento de área plantada com cana de açúcar principalmente no centro-sul do país, têm ocorrido um deslocamento do gado para as regiões de Cerrado e Amazônia, além do gado plantações de soja e milho do sudoeste e leste do Mato Grosso do Sul também tem sido obrigados a se deslocar (RODRIGUES, 2010).

Oliveira (2012) ressalta a importância que a cultura da cana-de-açúcar tem para o país, afirmando que os produtos derivados desta cultura são a segunda fonte de economia para o Brasil. Afirmam ainda que, cerca de 16% do total de energia consumida em todo o país são derivados desta cultura, ficando atrás somente do petróleo, superando até mesmo a energia hidráulica. É notável que esta cultura, se destaca de forma significativa quanto ao incremento econômico e ambiental, pois, tem contribuído para a produção de energia elétrica, a partir da queima do bagaço, um subproduto de sua produção.

#### **2.4- Impactos ambientais provocados pela monocultura da cana**

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua resolução nº 01 de 23/01/1986 em seu primeiro artigo define impacto ambiental como sendo:

“(…) qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente (...) resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afete: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições sanitárias e estéticas do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais” (BRASIL, 1986).

De acordo com essa resolução o conceito de impacto ambiental é muito abrangente e definido pelas ações do homem em relação ao meio ambiente., assim sendo qualquer atividade humana que provoque impacto ambiental deve ser realizada de forma a atender a legislação vigente.

Segundo Soares; Souza; Jerszurki (2011), as intervenções antrópicas no meio ambiente devem ser realizadas, a partir de diagnósticos que permitam análise das características naturais. Práticas como agricultura, instalação de indústrias, expansão urbana, entre outras interferem de forma significativa no meio natural, alterando as características ambientais.

O modo de produção capitalista se caracteriza pela busca incessante pelo lucro, que em muitas vezes ocasiona o desencadeamento de impactos ambientais negativos produzidos pela exploração predatória dos recursos do meio físico. Segundo Almeida (2008), o desenvolvimento econômico e social do sistema capitalista utiliza os recursos naturais de forma indiscriminada, sem se preocupar com prejuízos ambientais futuros. Em seu livro Drew (2002) menciona como acontece a utilização de recursos naturais pela agricultura:

A função primordial da agricultura é a manipulação dos ecossistemas naturais a fim de elevar ao máximo a produção de gêneros alimentícios (energia). Quanto mais sofisticada a forma da agricultura, mais deformados se tornam os ecossistemas naturais e maior a proporção do fluxo de energia do sistema que ecoa para o humano, [...] Os efeitos da agricultura sobre o ambiente relacionam-se diretamente com a escala em que é empreendida (DREW, 2002, p. 145).

A atividade sucroalcooleira no Brasil apresenta destaque mundial, podendo manifestar impactos positivos e negativos, como toda atividade industrial e agrícola que utiliza recursos naturais como água, solos e aplicação de insumos e defensivos agrícolas na sua produção, além disso, deve-se levar em consideração que toda atividade industrial gera resíduos.

Quando se trata da produção de açúcar e álcool em relação a impactos ambientais, é preciso se preocupar desde o cultivo da matéria prima até o processamento do produto final, sabe-se que a expansão do cultivo da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) pode causar alguns impactos ambientais, um deles é provocado pelo intenso uso de máquinas pesadas que, pode acarretar a compactação dos solos, diminuindo a macroporosidade, aumentando a resistência à penetração, dispersão de argila e densidade do solo (SILVA, 2012).

Outro problema em relação à produção de etanol é a utilização da água. Durante as etapas do processo são utilizados 10,8 L de água para a produção de 1 L de álcool, além da possível contaminação dos mananciais superficiais e subsuperficiais pelo descarte incorreto da vinhaça que é um subproduto do processo industrial de obtenção do etanol, fato que é preocupante, pois, a cada 1 L de álcool produzido é gerado 12 L de vinhaça (NOVA CANA, 2018).

Outros pontos que devem ser destacados em relação aos impactos ambientais provocados pelas lavouras de cana-de-açúcar são: redução da biodiversidade causada pelo desmatamento; contaminação das águas superficiais e subterrâneas e contaminação do solo, danos à flora e a fauna provocados por incêndios descontrolados (RAMOS; JÚNIOR, 2017).

As queimadas provocam danos à fauna e a flora, alteram a qualidade do ar principalmente com liberação de fuligem que poluem a troposfera local e regional, dependendo da extensão da área queimada. A intensa utilização de maquinário agrícola e caminhões durante o



preparo do solo para o plantio e demais etapas da atividade canavieira, que utilizam derivados de petróleo como combustível, também contribuem para mais liberação de CO<sub>2</sub> e outros gases poluentes no ar.

A prática da queima da palhada da cana-de-açúcar tem o objetivo de facilitar o corte e a limpeza do terreno. Outra vantagem da queima é o aumento percentual de sacarose. A queima libera gases tóxicos para a atmosfera principalmente gás carbônico, monóxido de nitrogênio e gás metano, aumentando o efeito estufa, que por sua vez consiste em um grave problema ambiental (CAMPOS, 2003). As queimadas causam danos à fauna e a flora e pioram a qualidade do ar porque normalmente são realizadas em época de seca, quando as condições de baixa umidade e elevada temperatura aumentam ainda mais seus prejuízos.

Pelos motivos expostos a prática de queimar a palhada da cana segundo o Jornal Nacional G1, estava autorizada pelo Ministério Público Federal até o ano de 2017 no estado de São Paulo (maior produtor canavieiro do Brasil), com o objetivo de reduzir os impactos provocados pelo fogo. Cabe ressaltar que as queimadas só são realizadas quando o corte da cana é manual (ANDRADE, 2016).

Com a crescente demanda por área de cana plantada, tem aumentado a colheita mecanizada em detrimento da colheita manual. A palhada seca da cana fica depositada sobre o solo, favorecendo a proteção superficial contra a atuação do efeito *splash*, do escoamento superficial, reduz a perda de sedimentos por erosão, bem como, favorece a retenção de umidade, da porosidade, permeabilidade e condutividade hidráulica do solo. Contribui também para o aumento da matéria orgânica nos solos, além de contribuir com o aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), o que é de extrema importância para solos que são tratados com aditivos químicos (CAMPOS, 2003).

Contudo, apesar de contribuir para a redução e/ou erradicação da queima da cana e favorecer a deposição da palha nos solos, com o intuito de conservá-los, a colheita mecanizada desencadeia a compactação dos mesmos devido à utilização de máquinas pesadas, prejudicando a própria cultura, patrocinando o surgimento e desenvolvimento de processos erosivos. A compactação provoca ainda, alterações significativas nas características naturais do solo (SILVA; CASTRO, 2013).

A monocultura da cana se destaca pela vantagem no seu ciclo de produção, após ser plantada permite colheita de quatro safras, ou seja, quatro anos sem replantio. Alguns produtores em Goiás segundo Costa (2014), chegam a completar oito safras sem replantio, graças às boas condições de solo, clima e manejo cada vez oferecendo melhor rendimento.

A cultura canavieira se destaca pela reutilização dos subprodutos industriais, para as indústrias é vantajosa à reutilização dos resíduos, pois aumenta seus lucros e ainda minimiza impactos ao meio ambiente. O bagaço proveniente da moagem da cana, por exemplo, além de utilizado nas caldeiras para produção de energia elétrica, ainda pode ser comercializado para fabricação de plástico biodegradável, ração animal, sendo também fonte de lucro para as usinas.

As indústrias tentam aproveitar ao máximo os subprodutos do processo, devido a necessidade de se evitar desperdícios e também como uma fonte de lucro extra para as empresas, além de contribuírem para a participação na matriz energética nacional de produção de energia limpa, o processo produtivo de uma unidade sucroalcooleira gera como subprodutos, o bagaço, o mel, a vinhaça, o óleo fúsel, o gás carbônico e a torta de filtro (CHIEPPE JR, 2012).

Diante do número considerável de subprodutos as unidades processadoras fazem o possível para aproveitar o máximo deles:

- O bagaço é utilizado principalmente nas caldeiras para produção de energia, e seu excedente comercializado;
- A parte do mel final que possui um grau maior de pureza é utilizado na maioria das vezes como alimento animal;
- A vinhaça é utilizada na fertiirrigação (seu uso será discutido nos próximos tópicos relacionados à contaminação do solo e água);
- O óleo fúsel é um subproduto obtido pelas leveduras devido a transformação de aminoácidos, este subproduto é o único que não é reutilizado, existem estudos quanto ao seu potencial como herbicida.
- A fermentação alcóolica gera ainda como subproduto gás carbônico residual, que se lançado na natureza pode contribuir de forma significativa para o efeito estufa, algumas usinas tem sistemas de estocagem do gás residual que é reutilizado em algumas etapas do processo podendo alimentar compressores de gás e em alguns casos o excedente pode ser vendido para empresas de produção de água com gás e refrigerantes (CASTRO et al., 2016).
- A torta de filtro, proveniente da filtração do caldo, é utilizado como fertilizante orgânico.

A torta de filtro é resultado da filtração a vácuo do lodo retido nos clarificadores. É utilizada nas lavouras canavieiras como fertilizante agrícola. Sobre este resíduo, Anacleto (2014), ressalta:

Dentre os subprodutos do beneficiamento da cana-de-açúcar está a Torta de Filtro (TF) que, dependendo do tipo de processo de fabricação utilizado, chega a produzir

cerca de 30 a 40 kg de TF por tonelada de cana processada. A TF apresenta uma composição química com altos teores de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio e cálcio, possuindo também teores consideráveis de potássio, magnésio e micronutrientes. Essa sua característica química confere a este resíduo uma potencialidade de ser usado com fertilizante agrícola (ANACLETO, 2014, p.10).

Estudos que relacionem a toxicidade pelo excesso de torta de filtro são escassos. Anacleto (2014), destaca a importância de se controlar a quantidade de torta de filtro aplicada ao solo, tendo em vista que este subproduto é rico em nutrientes, podendo a longo prazo e com utilização descontrolada, provocar excesso de nutrientes no solo, além de ser um potencial poluidor de águas, quando descartados de forma inadequada em rios e lagos, contudo estudos mais aprofundados precisam ser realizados afim de verificar o potencial contaminante deste resíduo industrial.

O estudo realizado por Piacente (2005) em relação à torta de filtro, destaca:

(...) a prática de aplicação da torta de filtro e a sua estocagem devem ser rigorosamente controladas uma vez que esse material possui elevada demanda bioquímica de oxigênio, uma fonte potencialmente poluidora que causa danos ambientais graves como a contaminação dos cursos d'água e do solo (PIACENTE, 2005, p.30).

A utilização da torta de filtro aumenta a concentração de metais pesados nos solos em que este resíduo é utilizado como fertilizante, a cana absorve os nutrientes da torta de filtro, porém não absorve os metais pesados de sua composição, sendo levados ao lençol freático (RAMALHO, 2001, citado por PIACENTE, 2005).

#### **2.4.1- Água**

O processo produtivo de etanol e açúcar se inicia pela recepção da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) nas usinas de processamento, posteriormente a cana é encaminhada ao laboratório onde são recolhidas amostras para avaliação da quantidade de açúcares totais recuperáveis (ATR), em seguida a cana segue para ser descarregada, neste momento algumas usinas utilizam água para a lavagem da cana, outras realizam lavagem a seco, que é mais vantajosa, pois, além de economia de água durante o processo não há perda de sacarose (OLIVEIRA, 2015).

Posteriormente, a cana segue para a moenda para ser desfibrada e seu caldo extraído, este processo é feito por embebição com água, onde a cana passa por cinco ternos, em cada um o bagaço é embebido novamente com água, a fim de se extrair o máximo possível de caldo. Realizado este processo o bagaço é encaminhado para ser utilizado nas caldeiras para produ-

ção de energia elétrica, e o caldo passa por várias etapas de tratamento até ser enviado para a destilaria para a fermentação e produção do álcool. Usinas que trabalham com fábrica de açúcar, parte do caldo é encaminhado para a fábrica e parte para a destilaria (OLIVEIRA, 2015).

Em geral, algumas usinas são autossustentáveis em termos de eletricidade em períodos de safra enquanto outras produzem energia para ser vendida. A vinhaça é um subproduto da destilaria rico em potássio e que é utilizada na fertiirrigação, porém, torna-se um problema ambiental quando atinge as águas superficiais ou subterrâneas provocando a contaminação.

Segundo Silva, Griebeler e Borges (2007), a vinhaça é um efluente com alto poder poluente, pois é rica em matéria orgânica, apresenta valores baixos de pH, alto fator corrosivo e índices elevados de demanda bioquímica de oxigênio, tendo poder poluente cerca de cem vezes maior que o esgoto doméstico, além disso a vinhaça sai da destilaria em temperaturas muito elevadas sendo altamente nociva à fauna e a flora. Contudo, apresenta alto valor como fertilizante pois é rica em potássio e por este motivo é utilizada na fertiirrigação da lavoura, para evitar seu lançamento em locais inadequados, mas, essa utilização como fertilizante deve ser controlada.

Até a década de 1970 a vinhaça era lançada principalmente em cursos d'água que eram chamados de "áreas de sacrifício", o aumento da produção de etanol e consequentemente de vinhaça trouxe consigo a proibição do lançamento desse resíduo nos mananciais, o que acarretou estudos para sua melhor destinação. Em meados dos anos 1980 a fertiirrigação se apresentava como a melhor alternativa e colocava aí o problema da destinação da vinhaça como resolvido (CORAZZA, 2006).

Assim sendo, a partir de então o principal destino deste resíduo são os solos com culturas de cana-de-açúcar em razão dos nutrientes nela contidos, em especial o potássio. Porém, a vinhaça não pode ser aplicada de qualquer forma nos solos, as usinas apresentam anualmente aos órgãos ambientais um relatório sobre sua utilização na fertiirrigação, com o objetivo de garantir que a vinhaça seja aplicada de forma correta, evitando assim aplicação em excesso (MORAIS, 2014).

Segundo Barbalho e Campos (2010) a vinhaça que é aplicada ao solo durante a fertiirrigação se dissocia nos íons de nitrato e potássio podendo percorrer o solo e atingir o lençol freático por meio de processos de lixiviação.

Por ser um resíduo rico em matéria orgânica e nutrientes sua utilização como fertilizante é extremamente vantajosa, pois além de utilizar um subproduto industrial evitando seu lançamento na natureza, evita a utilização de fertilizantes sintéticos, no entanto, a vinhaça em doses excessivas pode provocar um desequilíbrio nos nutrientes dos solos, podendo contaminar o

lençol freático (ROLIM et al., 2013). Por este motivo existe um plano de aplicação, para evitar que doses excessivas deste composto seja utilizado na fertiirrigação.

O Plano de Aplicação de Vinhaça (PAV) foi editado em dezembro de 2006 pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), que tem como função estabelecer normas para armazenar, transportar e aplicar vinhaça nas culturas canavieiras (CETESB, 2006).

Para Junqueira et al. (2009):

Esta norma prevê que seja feito anualmente um Plano de Aplicação da Vinhaça, onde são exigidas a caracterização dos dados físicos e a quantificação das taxas indicativas de dosagem a serem aplicadas. Entretanto, nesta norma não foi previsto um estudo do potencial de contaminação de aquíferos, este estudo facilitaria os locais de implantação de poços para o monitoramento da percolação do fluido referido, identificando preferencialmente nos locais onde há maior probabilidade de alteração da qualidade (JUNQUEIRA et al., 2009, p.10).

Como exposto pelos autores o PAV, não menciona áreas de possíveis contaminações de aquíferos, além disso, sabe-se que quando a fiscalização não é eficaz as indústrias não se importam em descartar a vinhaça em rios e lagos, uma vez que não se preocupam com multas ambientais (Figura 2).

A vinhaça antes de ser utilizada como fertilizante precisa ser estocada. Durante este período de estocagem é possível que haja contaminação das águas subterrâneas, devendo os tanques serem impermeabilizados, fato que muitas vezes não ocorre na prática.

A partir do exposto pode-se afirmar que é necessário controle na aplicação da vinhaça e cuidados com o descarte inadequado. Segundo Silveira (2016) a contaminação de mananciais por vinhaça pode:

- Aumentar o número de microorganismos;
- Esgotar a quantidade de oxigênio dissolvido na água;
- Elevar a demanda bioquímica de oxigênio (DBO);
- Provocar eutrofização, pelo excesso de potássio na sua composição;
- Destruir a fauna e a flora;
- Deixar a água imprópria para o consumo.

**Figura 2** – Descarte de vinhaça diretamente no Rio Ipojuca, Pernambuco.



Fonte. Silveira, 2016.

A vinhaça descartada diretamente em cursos d'água provoca danos irreversíveis ao manancial, deixando a água totalmente impossibilitada para o consumo, tendo em vista que não existe tratamento capaz de extraí-la por completo, podendo colocar em risco a fauna ictiológica (Figura 3).

**Figura 3.** Mortalidade de peixes devido à falta de oxigênio no Rio Ipojuca, Pernambuco.



Fonte. Silveira, 2016

Para Hassuda (1989), a vinhaça infiltrada na água, provoca total incapacidade de potabilidade, pois aumenta a concentração de amônia, magnésio, alumínio, ferro, manganês, cloreto e matéria orgânica.

Outro ponto de atenção quanto à água nos processos de produção de açúcar e etanol, é a quantidade de água que é utilizada durante todo o processo. Segundo Ludovice (1997), os recursos hídricos estão se tornando cada vez mais escassos. A autora ressalta não só a poluição como causa dessa escassez, mas, também o desperdício. Cita ainda que a água em muitos países é motivo de disputa, fato este que deve ser ponto de preocupação, pois, algumas contaminações dos mananciais não são eliminadas nas etapas de tratamento desse recurso, sendo até mesmo um potencial problema de saúde humana.

Segundo a revista Nova Cana (2013), as usinas utilizam uma quantidade muito grande de água nos processos industriais, principalmente no resfriamento de equipamentos. “Nos valores médios de eficiência industriais atuais, em que cerca de 85 litros de etanol são produzidos por tonelada de cana processada em uma destilaria, o consumo de 0,92 m<sup>3</sup>/ton corresponderia a 10,8 litros de água por litro de etanol”.

As usinas de modo geral, moem uma média de 14.000 toneladas de cana de açúcar por dia, o que gera uma média de produção de etanol de 1.190.000 litros, gastando aproximadamente 12.852.000 litros de água por dia somente para a produção do etanol, um grande consumo, sendo que sua principal utilização é na geração de vapor pelas caldeiras (Tabela 1) (NOVA CANA, 2013).

**Tabela 1.** Usos da água (valores médios) em usinas com destilarias anexas

Setor	Processo	Uso médio m <sup>3</sup> /ton de cana total	Distribuição (%)
<b>Alimentação</b>	Lavagem de cana	5,33	25,4
	Embebição	0,25	1,2
	Resfriamento de Mancais	0,15	0,7
<b>Extração (moendas)</b>	Preparo de Leite de cal	0,01	0,1
	Resfriamento na sulfitação	0,05	0,2
	Embebição dos filtros	0,04	0,2
	Condensadores dos filtros	0,30	1,4
	Condensadores/multijatos evaporação	2,00	9,5
<b>Concentração de caldo</b>	Condensadores/multijatos cozedores	4,00	19,0
	Diluição de méis	0,03	0,1
	Resfriamento cristalizadores	0,05	0,2
	Lavagem de açúcar	0,01	0,0

<b>Geração de Energia</b>	Produção de vapor	0,50	2,4
	Resfriamento tubogeradores	0,20	1,0
	Resfriamento do caldo	1,00	4,8
<b>Fermentação</b>	Resfriamento de dornas	3,00	14,3
	Resfriamento condensadores	4,00	19,0
<b>Destilaria</b>			
<b>Outros</b>	Limpeza de pisos e equipamentos	0,05	0,2
	Uso potável	0,03	0,1
<b>Total</b>		21,00	100,0

Fonte. NOVA CANA (2013). Org. Almeida (2019).

#### 2.4.2- Solos

O crescimento da atividade sucroalcooleira nos últimos anos fez surgir a necessidade de incorporação de novas áreas para o plantio da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), que antes eram utilizadas para pastagens e cultivos de soja, milho, algodão, sorgo dentre outras culturas.

A utilização de máquinas agrícolas pesadas em todas as etapas da lavoura canavieira, desde o plantio até a colheita, pode ocasionar a compactação dos solos. O cultivo contínuo da cana, em até 8 safras tende a provocar ainda mudanças nas propriedades do solo, com um sistema de manejo adequado podem ser positivas (SILVA; RIBEIRO, 1995).

A agricultura quando praticada de forma incorreta, pode prejudicar a capacidade nutricional dos solos afetando assim sua capacidade de produção, o que acarreta vários processos de degradação. Segundo Severiano et al. (2009), a expansão das atividades sucroenergéticas, acarretou na utilização de solos que são aptos à cultura da cana, mas também a utilização daqueles que apresentam limitações e riscos ao cultivo intensivo, uma vez ocupados, estes solos tem sua vegetação nativa removida em detrimento da referida cultura. Os autores ressaltam ainda que, é fundamental um manejo adequado, para a manutenção da qualidade das culturas e do solo, em relação a esse cultivo, como colheita da cana-crua e rotação de culturas na renovação dos canaviais. O fator negativo é que a renovação pode acontecer num período de 4 a 8 anos, tempo muito grande para que haja rotação de culturas.

O preparo do solo, bem como seu cultivo de forma inadequada, altera ainda o crescimento das culturas e perdas de sedimentos por erosão hídrica. O preparo para o plantio, muitas vezes acontece em situações com excesso de umidade o que interfere nas propriedades físicas do solo, refletindo em alterações na sua estrutura. Segundo Klein et al. (1998, p. 2) citado por Centurion et al. (2007), essas modificações na estrutura do solo são verificadas por alterações nos seus valores de densidade, resistência mecânica à penetração, porosidade total, porosidade de aeração e consistências.

Quando se trata da compactação dos solos Suzuki (2005) resalta que:



A compactação do solo sempre esteve presente, desde o tempo onde a agricultura era totalmente realizada por meio do revolvimento do solo até os dias de hoje, onde se visa o menor revolvimento possível do solo. A diferença da compactação causada pelo revolvimento do solo e pelos manejos mais conservacionistas está na intensidade e profundidade da compactação. Com o revolvimento do solo a compactação superficial é rompida, mas leva o problema para maiores profundidades, causando a compactação sub superficial, que é mais difícil de remediar. Nos manejos mais conservacionistas, como o plantio direto, a compactação do solo é mais superficial e esse problema se agrava pelo não revolvimento do solo, máquinas muito pesadas, solos mais argilosos e tráfego em solos mais úmidos (SUZUKI, 2005, p. 20).

A compactação dos solos é algo que sempre esteve ligado à agricultura, porém, o intenso uso de máquinas sem controle de pressão dos pneus e a umidade, ainda atrelados ao tipo de manejo, intensificam ainda mais este processo, muitas vezes causando prejuízos irreversíveis ao solo.

Contudo, a compactação, não é a única causa de degradação do solo, dentre vários outros tipos de impactos provocados pelo consequente trânsito de maquinário pesado na lavoura, podem ser destacados o uso de defensivos agrícolas e os fatores climáticos. Temperaturas elevadas, podem provocar maior crescimento da vegetação e armazenamento em maior quantidade de carbono no solo, podem ainda causar aumento na decomposição e mineralização da matéria orgânica (FRANÇA, 2017).

Em terras utilizadas para agricultura ocorre uma aceleração na decomposição e mineralização da matéria orgânica, assim para conservar o carbono e os nutrientes do solo é necessário que se façam rotações de cultura, além de redução da lavoura (EEA, 2016). Relacionadas à monocultura canvieira, a rotação de culturas não é uma alternativa, em curto prazo, pois como já exposto, possui um elevado ciclo produtivo.

A degradação do solo devido ao uso de defensivos agrícolas é ressaltada por Steffen, Steffen, Antonioli, (2011):

O processo produtivo agrícola tem ocasionado um aumento na utilização de agrotóxicos com moléculas de ação biocida, tais como inseticidas, fungicidas, herbicidas e nematicidas, buscando o controle de insetos, pragas, doenças e plantas invasoras que, inevitavelmente, causam danos econômicos nas lavouras. Além do princípio ativo tóxico, muitos destes produtos apresentam elementos ou compostos potencialmente poluidores, como metais pesados, surfactantes, emulsificantes, entre outros. Não há dúvidas de que a descoberta do potencial de algumas substâncias organossintéticas para o controle de insetos, plantas daninhas e fitopatógenos (fungos) indesejáveis aos cultivos agrícolas proporcionou a expansão das áreas cultivadas em todo o mundo, assim como o aumento da produção de alimentos. Talvez, por isso, os agrotóxicos tenham se tornado os insumos mais utilizados na produção agrícola de larga escala, tendo seu uso se intensificado com a Revolução Verde, em meados da década de 70, contribuindo para a contaminação do solo e da água (STEFFEN, STEFFEN, ANTONIOLLI, 2011, p. 15).

O solo tem a capacidade de absorver grandes quantidades de produtos sem sofrer transformações significativas, o problema vem em longo prazo, à intensa utilização de químicos tendem ocasionar transformações irreversíveis a esse importante recurso natural.

### **3- CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A monocultura canavieira dinamiza a economia onde está inserida, contudo, provoca impactos sociais, econômicos e ambientais, como citados no decorrer do texto. As condições de trabalho nos canaviais ainda se apresentam precárias, principalmente em relação a jornadas de trabalho além de salários baixos, no corte de cana e nas indústrias, entre 2003 e 2013 mais de 10.000 trabalhadores foram resgatados pelo ministério do trabalho por situações similares a escravidão.

O processo de colheita tem se modernizado por meio da mecanização do corte da cana. Isso apresenta aspectos positivos porque a colheita com máquinas, não utiliza o processo da queima, mas, por outro lado reduz a quantidade de trabalhadores nessa etapa da atividade. Isso faz aumentar o desemprego, por não terem opção de ocupação nas cidades principalmente por falta de qualificação, além disso a colheita mecanizada pode provocar no trabalhador aumento da carga psíquica e fisiológica em função do ritmo acelerado da referida atividade. Outro aspecto negativo da colheita mecanizada refere-se à compactação dos solos devido a intensa utilização de máquinas pesadas, tratores e caminhões (SEVERIANO, 2009).

As indústrias se preocupam principalmente com o lucro, nos dias atuais, mesmo a legislação prevendo jornadas de trabalho e descanso, os trabalhadores têm metas a serem cumpridas e, muitas vezes registram no papel uma determinada jornada de trabalho e cumprem outra. Outro aspecto negativo refere-se a distância entre as indústrias e as cidades, fato que obriga os trabalhadores a se deslocarem em transportes oferecidos pelas usinas que em sua maioria são desconfortáveis, ficando até mais de 12 horas entre sair e retornar para casa.

Ressalta-se que a monocultura canavieira provoca mudanças na sociedade pela ocupação de áreas que anteriormente pertenciam a agricultura familiar desencadeando aumento nos preços de alimentos locais.

Quando se trata da produção industrial, é necessário se pensar nos possíveis impactos ambientais inerentes. O processamento da cana para produção de açúcar e etanol, gera uma série de subprodutos que, em sua maioria são reaproveitados pela própria usina, o que é muito

vantajoso do ponto de vista ambiental. Contudo, deve-se levar em consideração ainda, que durante todo o processo produtivo existem também impactos ambientais negativos, na colheita manual a queima da palhada da cana libera para a atmosfera uma quantidade muito grande de gases tóxicos, na colheita mecanizada existe o problema da compactação dos solos, além disso um problema ambiental sério relaciona-se à utilização da água, para a produção de 1 L de álcool estima-se que são utilizados cerca de 10,8 L de água.

Deve-se ressaltar ainda, a produção de vinhaça que é um subproduto da destilação do etanol que possui elevados valores de potássio, nitrogênio e matéria orgânica, com grande potencial poluidor podendo contaminar águas e solos. Atualmente, a vinhaça é utilizada na fertirrigação da cana, o que reduz parcialmente o problema de seu descarte, contudo aplicações incorretas e armazenamentos inadequados podem provocar um prejuízo ambiental muito grande, pois para cada litro de álcool combustível produzido são gerados 12 litros de vinhaça.

#### 4- REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. S.; SANTOS, F. R. Dos. Desenvolvimento da cultura canavieira no Brasil: evolução e involução. In: SANTOS, F. R. **As adversidades no universo rural brasileiro: o sistema capitalista de produção**. Curitiba: 2019. P. 41 – 50.
- ANACLETO, L. R. **Avaliação ecotoxicogenética da torta de filtro, obtido do beneficiamento da cana-de-açúcar, antes e após processo de biodegradação**. Dissertação (Mestrado em ciências biológicas) – Instituto de biociências do câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, p. 114. 2014.
- ANDRADE, G. Justiça proíbe queima da palha de cana-de-açúcar no noroeste de SP. *Jornal G1*, Poloni, 12 jun. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2016/06/justica-proibe-queima-da-palha-de-cana-de-acucar-no-noroeste-de-sp.html>> Acesso em: 10 fev. 2019.
- BARBALHO, M. G. Da S.; CAMPOS, A. B. De. Vulnerabilidade Natural Dos Solos E Águas Do Estado De Goiás À Contaminação Por Vinhaça Utilizada Na Fertirrigação Da Cultura De Cana De-Açúcar, **Boletim Goiano de Geografia**, v. 30, n. 1, p. 155–170, 2010.
- BARBALHO, M. G. Da S.; SILVA, A. A.; CASTRO, S. S. De. A expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar na região sul do estado de Goiás de 2001 a 2011, **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 29, p. 98 – 110, 2013
- BORGES, V. M. S. **Formação de uma nova centralidade do setor sucroenergético no cerrado: o caso de Quirinópolis, estado de Goiás**. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de estudos sócio-ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO, p. 238, 2011.
- CAMARGO, A. M. M. et al. Dinâmica e tendência da expansão da cana-de-açúcar sobre as demais atividades agropecuárias, estado de São Paulo, 2001-2006. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 38, p. 47-66, 2008.
- CAMPOS, D. C. De, **Potencialidade do sistema de colheita sem queima da cana-de-açúcar para o sequestro de carbono**. Tese (Doutorado em agronomia) – Escola superior de agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP, p. 103, 2003.
- CASTILLO, R. **Região competitiva e circuito espacial produtivo: a expansão do setor sucroalcooleiro (complexo cana-de-açúcar) no território brasileiro**. In: XII Encontro de Geógrafos da América Latina (EGAL). Montevideo/Uruguai: 3 a 7 de Abril de 2009.
- CASTRO, M. D. G. De. *et al.* **Engenharia sustentável: um estudo sobre a reutilização do dióxido de carbono residual em processos fermentativos**. In: CONGRESSO NACIONAL EM EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 12., 2016, Rio de Janeiro – RJ. Anais... Rio de Janeiro: INOVARSE.
- CENTURION, J. F. *et al.* Influência do cultivo da cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de latossolos vermelhos, **Revista brasileira de ciência do solo**, n. 31, p. 199 – 209, 2007.
- CETESB. Vinhaça – critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. P. 12, 2006.
- CHIEPPE JÚNIOR, J. B. **Gestão de resíduos**. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

CONAB – Companhia nacional de abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira cana de açúcar, **Monitoramento agrícola – cana de açúcar**, v. 5, n. 1, p. 1 – 61, 2018.

CONAMA - **Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente**- Resolução No. 001 janeiro de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: 06 Out. 2017.

CORAZZA, R. I. **Impactos ambientais da vinhaça: controvérsias científicas e lock-in na fertirrigação?**. In: XLIV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIEDADE RURAL, 44, 2006, Fortaleza. Anais... Fortaleza: sociedade brasileira de economia e sociologia rural, 2006.

COSTA, R. L. **O setor sucroenergético e a relação capital e trabalho: reflexos da dinâmica espacial no município de Goiatuba (GO) entre 2004 e 2013**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Goiás, Catalão – GO, p. 170, 2014.

CUNHA, T. R.; PREVITALI, F. S. Os impactos socioambientais: considerações sobre o setor agroindustrial da cultura da cana de açúcar no Brasil, **revista horizonte científico**, v. 8, n. 1, p. 1-22, 2014.

DREW, D. **Processos interativos homem – meio ambiente**: 7. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

DUBAT, C. R. Uma “caminhada penosa”: A extensão do direito trabalhista à zona canavieira de Pernambuco, **série revista de pesquisa histórica**, v. 2, n. 26, p. 291-320, 2008.

EEA, Empresa de Engenharia Ambiental. Rotação de Culturas. 2016. Disponível em: <<http://www.eea.eng.br/>> Acesso em: 20 mar. 2019.

EMBRAPA. Organização da base de dados do zoneamento agroecológico nacional da cana-de-açúcar, 2009. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/17585/1/26.pdf>> Acesso em: 15 mar. 2019.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**: 2. Ed. Brasília: editora embrapa. 2006.

FRANÇA, L. M. De A. Impacto das ações antrópicas e do clima no uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Pajeú. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento e meio ambiente) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, p. 79, 2017.

FURTADO, C. **Formação econômica do Brasil**: 32. ed. São Paulo: Companhia editora nacional, 2005.

GIRALDO, C.; M. C. Trabalhador canavieiro no Brasil: estudo da legislação sobre contratação e condições de trabalho, **Revista de políticas públicas**, v. 21, n. 2, 2017.

HASSUDA, S. **Impactos da infiltração da vinhaça de cana no aquífero Bauru**. Dissertação (Mestrado em hidrogeologia) – Instituto de geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, p. 92, 1989.

JUNQUEIRA, C. de Á. R. *et al.* Identificação do potencial de contaminação de aquíferos livres por vinhaça na bacia do Ribeirão do Pântano, Descalvado (SP), Brasil, **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 3, p. 507–518, 2009.

LEITE, R. C. De C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. São Paulo (SP), **Novos Estudos – CEBRAP**, n. 78, p. 15 – 21, 2007.

LUDOVICE, M. T. F. **Estudo do efeito poluente da vinhaça infiltrada em canal condutor de terra sobre o lençol freático**. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Faculdade , de engenharia civil, Universidade de Campinas, Campinas – SP, p. 1997.

MENDONÇA, M. R. (orgs). **Impactos econômicos, sociais e ambientais no cultivo da cana-de-açúcar no território goiano**. IN: 2º Fórum de Ciência & Tecnologia no Cerrado. Goiânia: Caderno Temático. 2007.

MESQUITA, F. C.; FURTADO, A. T. Expansão da agroindústria canavieira e qualificação da mão-de-obra em Goiás (2006-2013). **Sociedade & Natureza.**, v. 28, n. 1, p. 67-82, 2016.

MORAIS, G. De. SIISGAVI – **Sistema de gerenciamento de aplicação de vinhaça**. Dissertação (Mestrado em ciências ambientais) – Universidade Camilo Castelo Branco, Fernandópolis – SP, p. 65, 2014.

NOVA CANA. **Uso da vinhaça na cultura da cana-de-açúcar**. Disponível em: <<https://www.novacana.com/cana/uso-vinhaca-cultura>> Acesso em: 10 out. 2018.

OLIVEIRA, I. M. De. Cana de açúcar: Um estudo sobre os impactos econômicos, sociais e ambientais da indústria canavieira do estado de Goiás. **Revista Fasem Ciências**, v. 1, n. 1, p. 62-71, 2012.

OLIVEIRA, S. H. **Uso e reuso da água na indústria sucroalcooleira**. Artigo (Especialização em gestão e qualidade ambiental) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO, p. 24, 2015.

PIACENTE, F. J. **Agroindústria canavieira e o sistema de gestão ambiental: o caso das usinas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento econômico) – Instituto de economia – Universidade de Campinas, Campinas – SP, p. 177, 2005.

RAMOS, N. P.; JÚNIOR, A. L.; **Atividade agrícola**. AGEITEC, 2007. Disponível em: <<http://www.rizomas.net/cultura-escolar/bases-de-dados/208-regras-para-citacao-e-referencias-abnt.html>> Acesso em: 05 nov. 2017.

REIS, M. A. Dos. **A expansão da cultura canavieira e o crescimento econômico no município de Goianésia – Goiás**. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento regional) – Faculdade Alves Faria, Goiânia – GO, p. 85, 2014.

RIBEIRO, N. V.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C. Padrões e impactos ambientais da expansão atual do cultivo da cana-de-açúcar: uma proposta para o seu ordenamento no bioma Cerrado, **Ateliê Geográfico**, v. 9, n. 2, p. 99–113, 2014.

RODRIGUES, L. D.. TCC (Especialização em análise ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora – MG, p. 59, 2010.

ROLIM, M. M. *et al.* Influência de uma lagoa de distribuição de vinhaça na qualidade de água freática, **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 1 p. 155-171, 2013.

- SAUER, S.; PIETRAFESA, J. P. Cana de Açúcar, Financiamento Público e Produção de Alimentos no Cerrado, CAMPO-TERRITÓRIO: **Revista de Geografia Agrária**, v. 7, n. 14, p. 1–29, 2012.
- SCOPINHO, R. A. Qualidade total, saúde e trabalho: Uma análise em empresas sucroalcooleiras paulistas. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 4, n. 1, p. 93-102, 2000.
- SCOPINHO, R. A. *et al.* Novas tecnologias e saúde do trabalhador: a mecanização do corte da cana-de-açúcar. **Caderno saúde pública**, n. 15, p. 147 – 161, 1999.
- SEVERIANO, E. Da. *et al.* Potencial de uso e qualidade estrutural de dois solos cultivados com cana-de-açúcar em Goianésia (GO); **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 159 – 168, 2009.
- SILVA, A. A. **Transformações no uso da terra e na estrutura de solos no cerrado em áreas de expansão da cana-de-açúcar** – o caso da microrregião de Quirinópolis, Goiás. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO, p. 134, 2012.
- SILVA, A. A. Da; CASTRO, S. S. De. Potencial e risco à compactação dos solos da microrregião de Quirinópolis, sudoeste do estado de Goiás, **Revista Territorial – Goiás**, v. 2, n. 1, p. 106-127, 2013.
- SILVA, A. A.; MIZIARA, F. Avanço do setor sucroalcooleiro e expansão da fronteira agrícola em Goiás, **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3 p. 399-407, 2011.
- SILVA, A. S. Da; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático, **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 11, n. 1 p. 108-114, 2007.
- SILVA, M. S. L. Da; RIBEIRO, M. R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar nas propriedades químicas de solos argilosos, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 389-394, 1995.
- SILVEIRA, R. N. C. M. **Curso de manejo e cuidados no uso da vinhaça na fertirrigação**. Fortaleza: INOVAGRI/IFCE, 2016.
- SOARES, M. R. G. De J.; SOUZA, J. L. M.; JERSZURKI, D. Potencial de uso agrícola e legislação ambiental voltados ao planejamento na bacia do rio pequeno-PR, **RAEGA: O espaço geográfico em análise**. v. 21. P. 186-203, 2011.
- STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos, **TECNO-LÓGICA: revista do depto. de Química e Física do depto. de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias do Mestrado em Tecnologia Ambiental**, v. 15, n. 1, p. 15-21, 2011
- SUZUKI, L. E. A. S. **Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas**. Dissertação (Mestrado em ciência do solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, p. 149, 2005.
- TEIXEIRA, R.A.; BARREIRA, C.C.M.A.; RIBEIRO, E. C. **As particularidades da Exploração canavieira em Goiás: O caso do município de Inhumas**. Ateliê Geográfico, Goiânia-GO, 2011. v.5, n.3, 219-238p.

## **CAPÍTULO II**

### **CARACTERIZAÇÃO E MUDANÇAS NOS USOS DO SOLO NA BACIA DO RIBEIRÃO SANTA BARBARA ENTRE OS ANOS DE 1980 A 2018, GOIATUBA GO**

#### **1- INTRODUÇÃO**

Em todo o país as áreas naturais estão sendo substituídas por outras formas de uso como agricultura e pastagens, o que pode ocasionar desequilíbrio ambiental, pois as técnicas inadequadas de manejo do solo podem alterar suas características físicas, químicas e biológicas.

Nos últimos 40 anos, o Cerrado perdeu grande parte da sua área para as monoculturas comerciais e também para as pastagens. A cana-de-açúcar vem avançando sobre essas áreas, promovendo a substituição dos usos praticados e seu subsequente deslocamento dos grãos para as áreas de pastagens, com maior exigência de práticas conservacionistas, e das pastagens para as áreas de remanescentes de vegetação nativa (ABDALA; RIBEIRO, 2011; CASTRO et al., 2010; BARBALHO; SILVA; CASTRO, 2013). Tal expansão vem promovendo ganhos econômicos regionais, mas também efeitos negativos nos ambientes, como a perda da qualidade do solo e da água, problemas de saúde humana e riscos para a biodiversidade (HOUTART, 2010; SILVA, et al., 2011; SILVA e CASTRO, 2011).

O estado de Goiás caracteriza-se como um dos estados das maiores expansões canavieiras no Brasil. A ocupação dos solos goianos, pela cana-de-açúcar, ocorre diante do contexto de uma concentração regional, desencadeadora de um modelo competitivo entre culturas, ocupado principalmente pela sojicultura, no bojo da expansão da fronteira agrícola. Esse avanço do setor ocorre sob a dependência do mercado internacional do etanol, criando um elevado uso de capital técnico, por meio de máquinas, insumos e financiamentos (LIMA; GARCIA, 2011). Além do intenso envolvimento de recursos tecnológicos na produção, também se buscam os melhores recursos naturais, atingindo as áreas de solos de melhor aptidão agrícola, antes ocupados com grãos, em particular soja, ampliando as possibilidades de aumento e ganho de produtividade (PRADO; MIZIARA; FERREIRA, 2012; BARBALHO; SILVA; CASTRO, 2013).

O município de Goiatuba tem sua economia centrada nas atividades agropecuárias, devido às características favoráveis do meio físico, com destaque para predomínio de relevo plano a suavemente ondulado que facilitam a mecanização, clima com duas estações hídricas bem definidas, verão chuvoso e inverno seco e solos fisicamente bem desenvolvidos, como os



Latossolos Vermelhos. Goiatuba é um dos municípios que mais atrai a instalação de usinas de açúcar e álcool, por questões de logística, pois está localizado entre a BR-153 e a BR-452, além disso, o zoneamento agroecológico da cana de açúcar proíbe a expansão de áreas para cultivo da cana para o Pantanal e Amazônia, e permitem a em áreas do Cerrado (COSTA, 2014).

No município prepondera o domínio Morfoclimático do Cerrado, como proposto por Ab'Sáber (2003), que de acordo com Trindade (2015) é o principal alvo de crescimento recente desta cultura, devido às vantagens referentes a topografia, clima e solos, como já mencionado, substituindo áreas de pastagens, de remanescentes de vegetação natural, além da substituição de outras culturas em detrimento da cultura canavieira, o que pode representar um problema ambiental, porque refere-se a um tipo de monocultura.

As mudanças provocadas pela evolução do uso dos solos refletem as mudanças no uso e cobertura da terra, sendo este último termo mais abrangente que o conceito de solo. Aguiar (2012) define cobertura do solo, como a caracterização do estado físico, biológico e químico da parte superficial da terra, e uso dos solos se refere às atividades humanas associadas à cobertura existente.

A forma como o solo é utilizado mostra como a sociedade age sobre o meio ambiente (STEFANOSKI *et al.*, 2013). Atividades agrícolas se desenvolvidas de forma inadequada podem causar impactos significativos no solo como: erosão, contaminação dos solos e água, perda da biodiversidade, entre outros. Neste contexto, a ocupação e uso do solo devem ser planejados, levando em consideração sua conservação.

Estudar a evolução dos tipos de usos dos solos quando associadas aos ciclos econômicos é uma ferramenta que pode ser utilizada para tomada de decisões, contribuindo para o uso sustentável das Terras. Neste sentido, às técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto contribuem de forma significativa para analisar as mudanças incididas na paisagem por meio de mapas obtidos via imagens de satélite, que permitem analisar as mudanças ocorridas na vegetação, solos, recursos hídricos e outros, ao longo dos anos, e criar alternativas para melhor utilização dos recursos não renováveis (SILVA, 2009). Assim, pode-se destacar como ferramentas principais a utilização de técnicas como o geoprocessamento e sensoriamento remoto na utilização para o monitoramento ambiental.

Alguns autores salientam que as técnicas vinculadas ao ferramental de Geoprocessamento têm auxiliado na análise de estudos, cada vez mais complexos, no tocante ao contexto geoambiental de maneira integrada e precisa. De tal modo que, a popularização dessas técnicas possibilita a difusão desses conhecimentos ao passo que possibilita a formulação de uma

síntese da realidade, principalmente no tocante às formas de uso e ocupação, as quais expõem a dinâmica existente entre a sociedade e a natureza. As formas de uso e ocupação estão ligadas às atividades socioeconômicas desenvolvidas sobre o espaço geográfico, as quais, mormente distribuem-se em locais que superam a capacidade de suporte do meio natural (BENTMULLER; GOMES, 2019).

Para Oliveira, Ferreira e Araújo (2012) o sensoriamento remoto é uma importante ferramenta para o monitoramento agrícola. Ele possibilita realizar análises sucessivas temporais de grandes áreas, com custos reduzidos e de forma remota, diante de uma relação integrada com outros sistemas naturais. Assim, a utilização de imagens de satélites para o monitoramento da cultura canavieira se insere nessas relações porque esta é uma cultura de ciclo longo, por isso para alguns semi-perene, que ocupa grandes extensões de terras. Deste modo, aplicações dessa técnica para o mapeamento da cana-de-açúcar resultam em análises precisas para o monitoramento da sua expansão e dos usos que substituiu (RUDORFF; SUGAWARA, 2007).

Nesse sentido, o trabalho teve como objetivo caracterização da bacia do ribeirão Santa Bárbara e avaliar a mudança do uso do solo entre os anos de 1980 e 2018.

## **2- METODOLOGIA**

### **2.1- ÁREA DE ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO**

O município de Goiatuba está localizado no Sul do Estado de Goiás, na bacia do rio Meia Ponte, afluente do rio Paranaíba. O município pertence à mesorregião Sul Goiano que se divide em seis microrregiões: Sudoeste de Goiás; Vale do Rio dos Bois; Meia Ponte; Quirinópolis; Pires do Rio e Catalão. Goiatuba está inserida na Microrregião Meia Ponte (OLIVER ARQUITETURA, 2017). A bacia do rio Paranaíba está em área de domínio de clima tropical úmido, do tipo “Aw”, conforme classificação climática de Koppen. Caracteriza-se por ser quente durante todas as estações do ano, com inverno muito seco e verão úmido, apresenta precipitação média anual de 1.350 mm (OLIVER ARQUITETURA, 2017).

Goiatuba apresenta vestígios de povoamento anteriores ao ano de 1870, com a chegada de antigos bandeirantes do estado de São Paulo. Em 1900 foi designada como distrito denominado Bananeiras então subordinado ao município de Santa Rita do Paranaíba, hoje Itumbiara, obteve sua autonomia como município em 1931, pelo decreto de lei nº 627 de 21 de janeiro do mesmo ano, em 1938 o município passa a se chamar Goiatuba pelo decreto de lei nº 1233 (IBGE, 2019). Limita-se ao Norte com os municípios de Vicentinópolis, Joviânia e Mor-

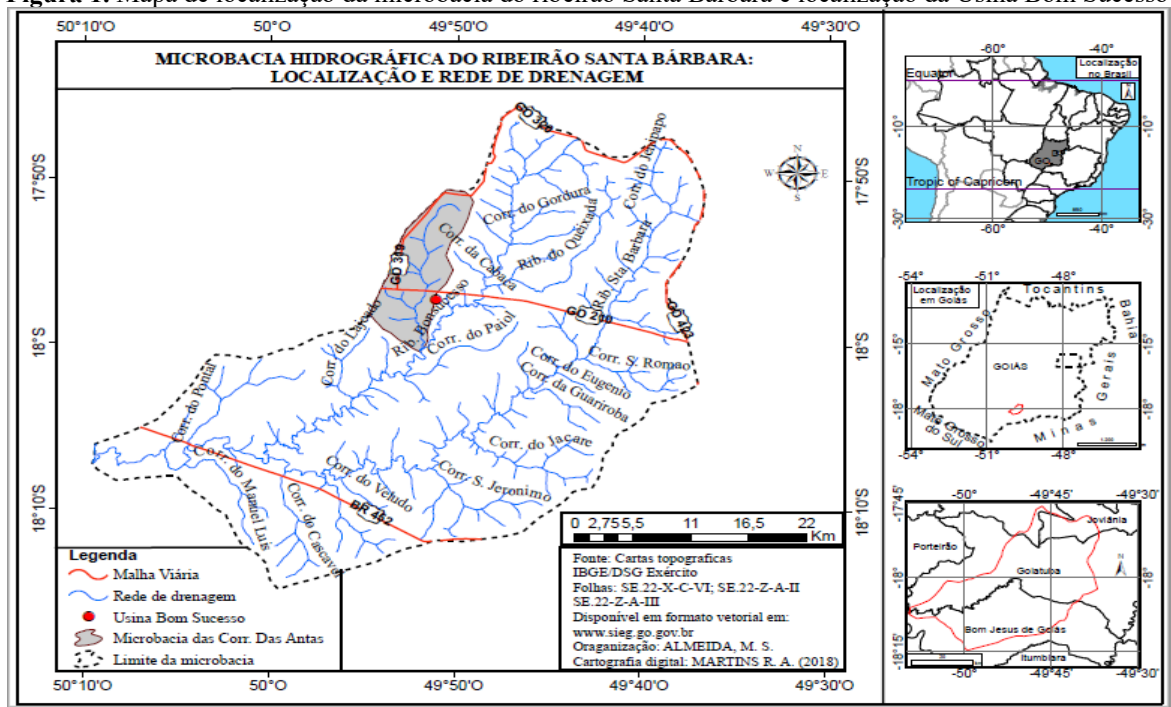
rinhos; ao Sul, com os municípios de Castelândia, Bom Jesus de Goiás, Panamá e Itumbiara; a Leste com Buriti Alegre e a Oeste com Porteirão. O município apresenta área territorial de 2.484,7 km<sup>2</sup>, população de 34.095 IBGE (2019) e altitude que oscila em torno de 720 m.

A bacia hidrográfica do ribeirão Santa Bárbara tem área de drenagem de aproximadamente 1.370 km<sup>2</sup>, incluindo os municípios de Goiatuba, Vicentinópolis, Bom Jesus e Joviânia. Suas nascentes estão localizadas no município de Vicentinópolis com altitude aproximada de 824 metros. O supracitado ribeirão é afluente do rio dos Bois. A maior parte de sua área encontra-se modificada pela ocupação humana, havendo no seu entorno poucos remanescentes naturais. Entre as principais atividades agrícolas identificadas destacam-se a presença de culturas anuais, principalmente a cana-de-açúcar (FIOREZE; OLIVEIRA, 2010).

A Usina Bom Sucesso é uma Agroindústria localizada no referido município, na bacia do Ribeirão Santa Bárbara, sendo abastecida pelo córrego da Anta tributário do referido ribeirão. Foi construída em 2008 pelo grupo Farias, um dos maiores investidores do setor sucroalcooleiro do Nordeste, atualmente pertence ao grupo investidor VREC (Vital Renewable Energy Company), criado em 2008 com foco em investimentos no setor sucroalcooleiro. A usina foi adquirida pelo grupo em dezembro de 2011 (VREC, 2011), desde então o grupo tem realizado investimentos na unidade com aumento da capacidade de moagem e produção de açúcar e álcool. No final do ano de 2017 o grupo VREC, vendeu parte da unidade para um produtor rural do município de Bom Jesus-GO, que aumentou ainda mais a capacidade produtiva da usina, com melhorias na parte de moagem, destilaria e capacidade de armazenamento de etanol.

A área apresenta predominância da morfologia plana a suavemente ondulada que favorece o trânsito de maquinário agrícola. As classes com maiores declividades, representadas pelas topografias onduladas, moderadamente onduladas e forte onduladas ocorrem no norte da bacia, nas proximidades de suas nascentes e disseminadas pontualmente nos divisores hidrográficos das sub-bacias da referida área (Figura 1).

**Figura 1.** Mapa de localização da microbacia do ribeirão Santa Bárbara e localização da Usina Bom Sucesso



## 2. 2- ANÁLISE DE DADOS

A investigação científica foi realizada a partir da elaboração de mapas de localização, classe dos solos, hidrografia, declividade e uso das terras em 1980, 2000 e 2018, utilizando recursos de Geoprocessamento. Para avaliação da evolução do uso dos solos fez-se necessário à confecção das Cartas de uso do solo, fruto do recorte de imagens de satélite. Sendo, Landsat 3 sensor RBV, resolução espacial de 30 metros com passagem em abril de 1980; Satélite LANDSAT 5, Sensor TM, resolução espacial de 30 metros com passagem em setembro de 2000 e Landsat 8 sensor OLI, resolução espacial de 30 metros com passagem em outubro de 2018, todas com composição colorida utilizada foi a 5R-4G-3B, referente a órbita/ponto 222/072. Essas imagens foram adquiridas gratuitamente no site do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>). Após a aquisição da imagem, realizou-se no software Arcgis 9.2 a composição colorida RGB-5,4,3, posteriormente realizou-se o georreferenciamento utilizando os vetores de malha viária e drenagens. Em seguida aplicou-se uma “máscara” contendo os limites da microbacia com o intuito de recortar a área de estudo. A imagem recortada foi salva e exportada no formato TIFF.

Delimitada a área de pesquisa, a imagem foi aberta no software SPRING 5.0.5. Nesse software realizou-se a operação aritmética (NDVI) e classificação supervisionada, com classi-

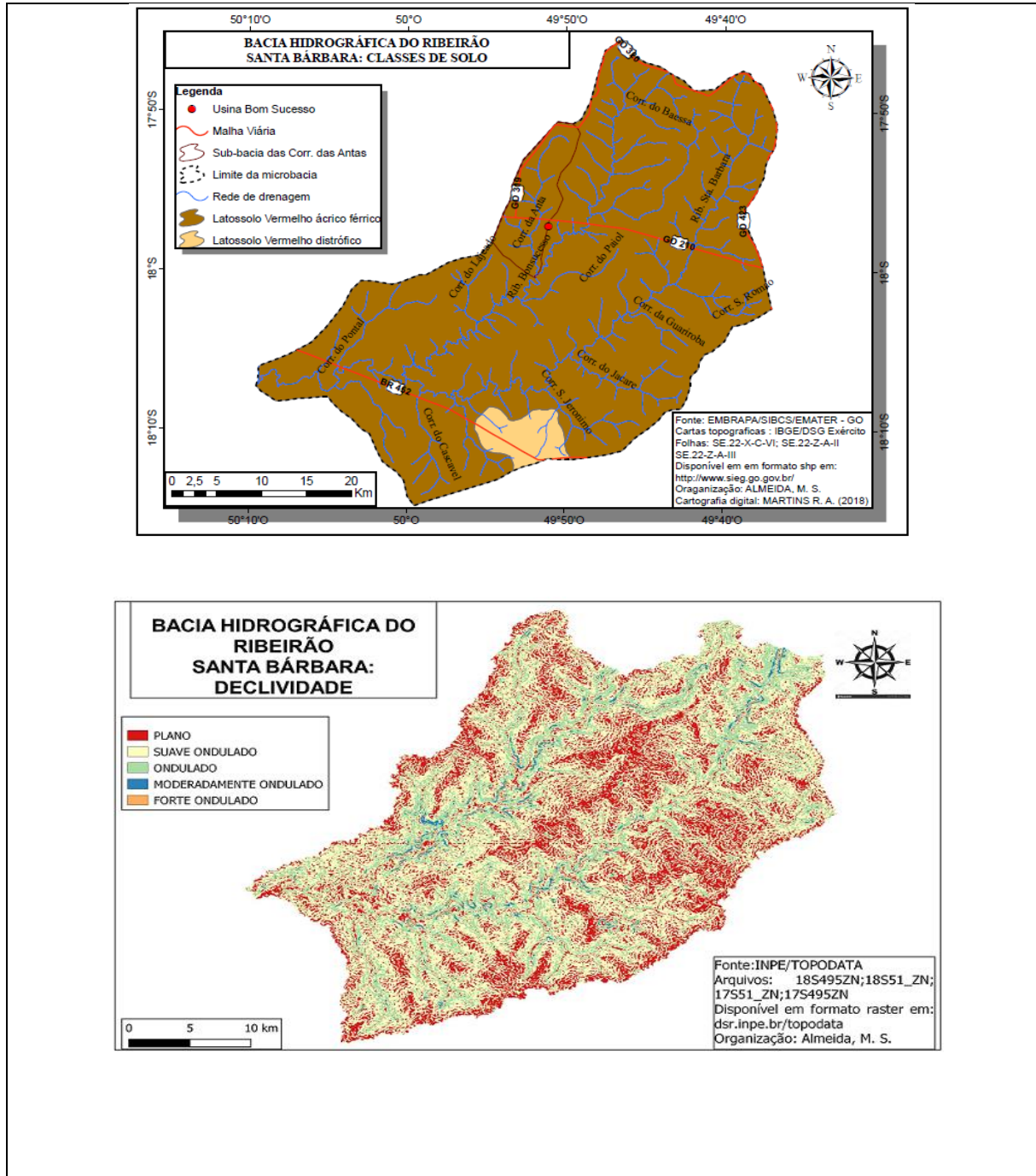
ficador MAXVER, tal classificador vem do método estatístico de Máxima Verossimilhança, e é o método de classificação "pixel a pixel" mais comum.

Após a classificação foram confeccionados mapas de: localização, classes dos solos, hidrografia declividade, usos do solo em 1980, 2000 e 2018, a partir da análise dos dados contidos nos mapas foram elaborados gráficos para comparação do uso dos solos entre os anos citados para então detectar as mudanças ocorridas no período.

### **3- RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na bacia hidrográfica do ribeirão Santa Bárbara predominam dois tipos de solos: Latossolo Vermelho ácrico férrico que ocupa a maior parte da área e Latossolo Vermelho distrófico pontualmente no Sudeste da referida bacia (Figura 2 a).

**Figura 2.** a- Mapa classes de solos da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Bárbara b- Mapa de declividade



Os Latossolos representam a principal classe de solos do bioma Cerrado, geralmente desenvolvidos, a partir de litologias basálticas, apresentam baixa fertilidade natural, são profundos, e apresentam características físicas que favorecem a agricultura mecanizada, devido à sua boa drenagem, apesar da baixa fertilidade natural. As técnicas de correção e adubação química permitem o plantio e uma excelente colheita, o que torna áreas recobertas por este tipo de solo alvo de interesse econômico (DONINI, 2011).

Os Latossolos são considerados os solos com maior predominância no país ocupando mais da metade do território nacional, cujo caráter químico varia de eutrófico a alumínico,

este tipo de solo pode ter ainda variedade nos teores de óxidos de ferro, apresentando denominações: hipoférrico, mesoférrico, férrico e perférrico de acordo com o aumento na quantidade deste metal. Os parâmetros químicos, físicos e biológicos do solo mudam de acordo com as práticas de manejo adotadas (JÚNIOR, 2016).

Os Latossolos geralmente são ácidos ou até mesmo muito ácidos, típicos das regiões equatoriais e tropicais, ocorrem também em regiões subtropicais, podendo ser originados de diversos tipos de rochas e sedimentos, além de ocorrer em diversos tipos de clima e vegetação (EMBRAPA, 2006).

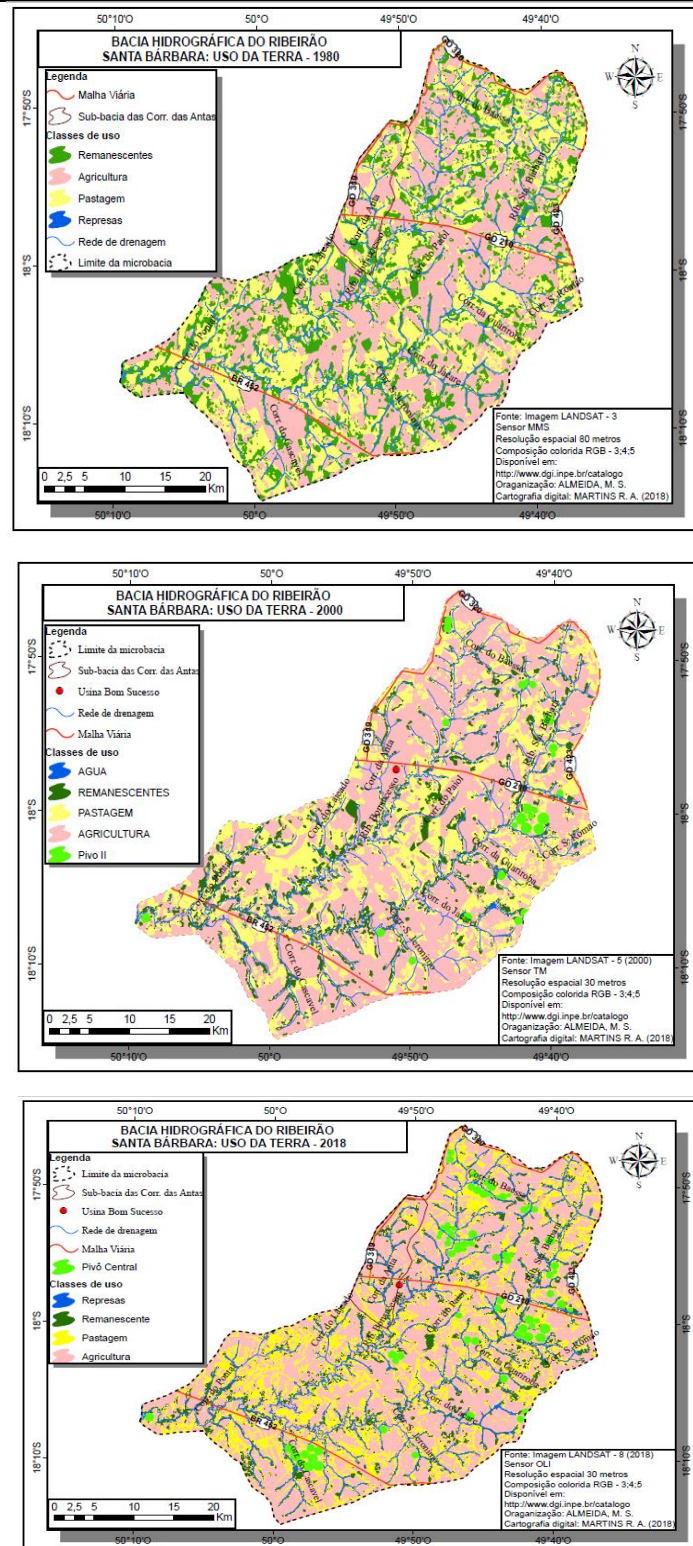
A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma cultura que se adaptou bem sobre os Latossolos, como no município de Goiatuba, pois, a cultura depende das características físicas superficiais do solo, devido ao seu sistema radicular. Vale ressaltar que além das características pedológicas as condições meteorológicas são as principais responsáveis pela qualidade e produção da cana-de-açúcar, durante todo o ciclo da cultura (CAETANO, 2017).

Na elaboração do mapa de declividade da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Bárbara elencou-se cinco classes variando do plano ao forte ondulado (Figura 2b). As altas declividades, definidas no mapa pela cor vermelha, estão localizadas principalmente nos limites da bacia.

O mapa de uso da terra em 1980 na área de pesquisa e em seu entorno (Figura 3), indica que entre as atividades antrópicas identificadas, em 1980 predominava a agricultura, correspondendo a 39,78%, seguida pelas pastagens (31,8%).

No mapa de uso do solo em 2000 é possível observar que na bacia selecionada a classe de uso agricultura aumentou muito nos últimos 20 anos, passando de 39,78% em 1980 para 64,5% da área total, em 2000, em detrimento da diminuição das áreas de pastagens e redução drástica na quantidade de remanescentes vegetacionais para apenas 8,53%, se comparadas ao ano de 1980, quando correspondia a 28,25% da área (Figura 3).

**Figura 3.** Mapa de uso do solo bacia hidrográfica Ribeirão Santa Bárbara 1980,2000 e 2018



É possível observar ainda a redução de 90 % da área destinada a pastagens entre os anos 1980 e 2018 (Tabela 1).



**Tabela 1.** Quantificação do uso do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara – 1980, 2000 e 2018.

Usos da Terra	1980		2000		2018	
	Área Km <sup>2</sup>	%	Área Km <sup>2</sup>	%	Área Km	%
<b>Agricultura</b>	622,56	39,78	1009,42	64,5	1124,42	71,85
<b>Pastagens</b>	497,68	31,80	401,9	25,68	3,19	0,2
<b>Remanescentes</b>	442,16	28,25	133,56	8,53	226,65	14,48
<b>Corpos d'Água</b>	1,31	0,08	1,42	0,09	164,35	10,5
<b>Pivôs</b>	0,00	0,00	17,9	1,14	46,095	2,94
<b>Total</b>	<b>1564,83</b>	<b>100,0</b>	<b>1564,83</b>	<b>100,00</b>	<b>1564,83</b>	<b>100,00</b>

Segundo Ribeiro e Walter (1998) citado por Sousa (2010) os remanescentes da vegetação nativa são identificados como: Mata Ciliar, Mata de Galeria, cerrado denso, cerrado ralo e cerradão. Essas fitofisionomias geralmente compõem as Áreas de Reserva Legal, ou onde não foi possível o desenvolvimento de atividades agropecuárias devido à elevada declividade ou afloramento rochoso.

Dentro da sub-bacia do córrego das Antas no ano de 1980 também aparece à predominância da agricultura com a presença considerável de pastagens e pontos de remanescentes da vegetação nativa.

Com relação aos corpos d'água, a área estudada, possuía 1,31 km<sup>2</sup> do total da bacia, representada pelos córregos e ribeirões que pertencem à bacia do ribeirão Santa Bárbara. Nesse ano, existiam poucos barramentos ou reservatórios de água para utilização nas lavouras, ou outros usos.

Em 2000 os remanescentes da vegetação nativa aparecem de forma fragmentada, devido ao avanço do desmatamento em detrimento do aumento da área de cultivo, representado pela expansão das lavouras de cana-de-açúcar nessa área. É possível observar ainda a presença de sistema de irrigação, constituídos por pivôs centrais que no mapeamento anterior não apareciam (Tabela 1).

Segundo Lima (2002) citado por Martins (2017, p. 2) um pivô de 70 hectares com 470 metros de raio consome em média 83 litros de água por segundo, que representa em média 1,18 litros de água a cada segundo por hectare, podendo representar um problema ambiental se construído sem controle e fiscalização, pois a sua operação necessita de grande disponibilidade hídrica. Outro agravante é que no caso de Goiás, é comum a construção de reservatórios em cabeceiras de drenagem e/ou áreas de veredas, para abastecerem os pivôs, colocando em risco esse importante ambiente do Cerrado, provocando sérios desequilíbrios ambientais.

A implantação de pivôs está intimamente ligada ao aumento da área agrícola, cuja evolução está vinculada ao controle da água para a irrigação. A intromissão humana no ciclo hidrológico empregando tecnologias para criação de represas, extração de águas subterrâneas, dentre outros usos pode provocar impactos quanto à redução da vazão, contaminação de recursos hídricos e modificação e/ou perda da biodiversidade aquática local (DREW, 2002).

Nesse sentido, vale ressaltar que os pivôs estão concentrados no Norte, Leste e Sudeste da bacia do ribeirão Santa Bárbara, irrigando lavouras temporárias e não aparecem no trecho Oeste da bacia, onde está localizada a usina Bom Sucesso e as lavouras canavieiras que a circundam. Essas últimas não são irrigadas, dependem totalmente das condições meteorológicas e/ou climáticas da região.

Na análise do uso do solo mais recente, em 2018 (Figura 3), verificou-se novo aumento nas áreas de agricultura, representando 71,85%, sendo 7,39% a mais que em 2000. Por outro lado, nesses 18 anos ocorreu redução nas áreas destinadas a pastagens, que representou apenas 0,2% da área total da bacia em 2018. Vale destacar a progressão das áreas irrigadas com pivôs centrais, que passaram a ocupar quase 3% da área total da bacia (Tabela 1).

Ao realizar comparações dos usos da Terra, na bacia do ribeirão Santa Bárbara, entre os anos 1980, 2000 e 2018 verificou-se redução das pastagens e áreas remanescentes da vegetação nativa em detrimento da agricultura. Isso ocorreu, devido aos incentivos governamentais que, a partir da década de 1980 impulsionaram a modernização da agricultura, sobretudo do setor sucroenergético em busca de energia renovável, transformando o estado de Goiás em um forte polo agrícola.

Durante o período estudado a área de remanescentes diminuiu entre 1980 e 2000 cerca de 20%, apresentando aumento entre os anos de 2000 e 2018, totalizando no final dos 38 anos uma redução de mais de 10%. O aumento da área de remanescentes, entre os anos de 1980 e 2000 pode-ser explicado pela regeneração da vegetação nativa e o aumento de áreas de reflorestamento que bordejando os canaviais que passaram a ocupar áreas de antigas pastagens. De acordo com Nobrega et al. (2008), essa regeneração da vegetação nativa é uma das técnicas mais importantes para recuperar ecossistemas degradados, que consiste em deixar os processos da natureza atuarem de forma livre, permitindo que a vegetação natural rebrote.

Essas áreas geralmente são próximas a locais em que ainda existe vegetação nativa e solo com baixo índice de compactação, segundo a lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 recuperação de áreas degradadas é “a restituição de um ecossistema, ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada que pode ser diferente da sua condição original” (BRASIL, 2000, Art. 2º, Inciso XIII). Assim sendo a recuperação de uma área significa rever-

ter suas condições químicas, biológicas e físicas, sem levar em consideração sua condição natural e sua condição futura, ou seja, posteriormente as áreas recuperadas podem ceder lugar à agricultura.

A área agrícola teve um aumento significativo durante o período analisado, ocupando mais de 70% da área total estudada em 2018, em relação ao início do período analisado, ou seja, 1980, fato este que está intimamente relacionado à expansão agrícola sobre o Domínio Morfoclimático do Cerrado. Portanto, vale reforçar que a agricultura se expandiu sobre as pastagens, e também sobre as áreas regeneradas e reflorestadas graças à crescente demanda por produtos agrícolas, sobretudo da cana-de-açúcar devido à busca por energia limpa, seja etanol ou energia elétrica produzida, a partir da queima do bagaço da cana e outros produtos como o açúcar e subprodutos correspondentes. Enfim, as lavouras canavieiras ocuparam áreas de vegetação nativa remanescente, de outras culturas ou de antigas pastagens.

A globalização ocasiona adaptações geográficas, no sentido de aperfeiçoar a produção, de acordo com as necessidades do mercado, motivando uma luta pelo uso do espaço/terra, as empresas, principalmente do setor agroindustrial, mantêm sua necessidade de produções motivadas principalmente pelo capital (SANTOS, 2006).

Contudo deve-se ressaltar que, a atividade agrícola provoca impactos ambientais inerentes a sua expansão, como desmatamento, contaminação do solo e água, devido ao uso de defensivos agrícolas, além da possível compactação provocadas pelo uso de maquinário pesado, o que desperta o interesse político e econômico pela busca de fontes renováveis de energia.

Ressalta-se ainda que, a produção do etanol, produzido com utilização da cana-de-açúcar, pode desencadear problema ambiental, devido contaminação química do solo e poluição dos mananciais hídricos que circundam a área industrial e agrícola da atividade, afetando a biodiversidade local e regional principalmente a partir da aplicação de vinhaça na lavoura canavieira.

Um problema ambiental que vem ganhando destaque é a remoção da cobertura do solo pelo uso intensivo da terra, desmatando áreas florestais para implantação de lavouras ou pastagens. A degradação é um processo lento e, muitas vezes mascarado pela produtividade, cabe aos órgãos governamentais fornecer condições para reduzir os impactos negativos que a agricultura causa ao meio ambiente (ALBUQUERQUE et al., 2002).

Para Trindade, Faria e Castro (2018), as mudanças de uso de solo fazem parte de um conjunto de alterações relacionadas com a sucessão temporal das classes poligonais das bases físicas e antrópicas da natureza. Essas mudanças representam transições que estão relacionadas com os níveis tecnológicos, onde as práticas de menor ou nenhum padrão de tecnologia,

como as áreas de pastagens e de vegetação nativa, cedem lugar para as de maior emprego de técnicas, como a agricultura comercial, incluindo o setor sucroenergético.

Entre os impactos apresentados pelo autor, evidencia-se aqueles provocados à fauna e a flora relacionados a cultura canavieira forma muito acentuada, tanto na substituição de outras culturas pela cana, quanto pelo desmatamento provocado para a instalação de unidades processadoras, fato este que está intimamente relacionado ao aumento da demanda de usinas sucroalcooleiras e conseqüentemente de matéria prima para o seu adequado funcionamento.

#### **4- CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise do uso das terras na bacia do ribeirão Santa Bárbara nos últimos 38 anos, permite afirmar que houve forte expansão da atividade agrícola, representada pelo aumento das lavouras de cana e outros cultivos irrigados por pivô central. Por outro lado, houve redução das áreas de pastagens e de remanescentes da vegetação nativa que recobria os solos da área estudada.

A partir de visitas técnicas, à área de pesquisa foi possível perceber que a maioria das áreas demarcadas nos mapas, como agrícolas é cultivada com cana-de-açúcar, fato que pode ser atribuído à implantação da usina Bom Sucesso, que necessita de matéria prima (cana) nas proximidades ou entorno de seu parque industrial.

## 5- REFERÊNCIAS

- ABDALA, K. O.; RIBEIRO, F. L. Análise dos impactos da competição pelo uso do solo no estado de Goiás durante o período 2000 a 2009 provenientes da expansão do complexo sucroalcooleiro. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 65, n. 4, p. 373-400, Outubro/Dezembro, 2011.
- AB’SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AGUIAR, A. P. D. de. Modelagem de mudanças de uso e cobertura do solo na Amazônia: Questões gerais. Introdução à modelagem Dinâmica Espacial. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/> Acesso em: 20 de Março de 2019.
- ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J. R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 136-141, Abril, 2002.
- BARBALHO, M. G. S.; SILVA, A. A.; CASTRO, S. S. A expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar na região sul do estado de Goiás de 2001 a 2011. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, n. 29, p. 98-110, Setembro, 2013.
- BRASIL, Constituição federal (1988), **Art. 2º Inciso XIII, 2000 – Da conservação da natureza**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm) Acesso em: 22 de Outubro de 2019.
- BENTEMULLER, L. A.; GOMES, A. C. A. G. A IMPORTÂNCIA DO GEOPROCESSAMENTO PARA ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APA) DE SABIAGUABA EM FORTALEZA-CE. **CADERNOS DE CIÊNCIAS & TECNOLOGIA DA UECE**, v. 1, n. 3, p. 150-167, Julho/Dezembro, 2019.
- CAETANO, J. M. **Modelagem agrometeorológica da cana-de-açúcar nas condições edafoclimáticas do centro-oeste goiano**. Tese (Doutorado em agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO, p. 126, 2017.
- COSTA, R. L. **O setor sucroenergético e a relação capital e trabalho: reflexos da dinâmica espacial no município de Goiatuba (GO) entre 2004 e 2013**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Goiás, Catalão – GO, p. 170, 2014.
- DONINI, J. V. Da. S. **Características químicas de um latossolo vermelho amarelo sob aplicação de cama de frango em complemento à adubação mineral**. Dissertação (Mestrado em agricultura tropical) – Faculdade de agronomia – Universidade federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT, p. 40, 2011.
- DREW, D. **Processos interativos homem – meio ambiente: 7ª edição**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos: 2ª edição**. Brasília: editora Embrapa, 2006.

FIGEZE, A. P.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Usos dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Bárbara, Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 1, p. 28-35, 2010.

HOUTART, F. **A Agroenergia: solução para o clima ou saída da crise para o capital?** Tradução de Francisco Morás. Petrópolis: Vozes, 2010. 324 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Goiatuba – GO. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/114/col\\_mono\\_b\\_n94\\_goiatuba.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/114/col_mono_b_n94_goiatuba.pdf) Acesso em: 14 de Outubro de 2019.

JÚNIOR, A. L. P. **Fatores edáficos de latossolos férricos na produtividade de cana-de-açúcar na região sul de Goiás.** Tese (Doutorado em agronomia) – Faculdade de agronomia e medicina veterinária – Universidade de Brasília, Brasília – DF, p. 118, 2016.

LIMA, D. A. L. L.; GARCIA, J. R. A evolução da produção de cana-de-açúcar e o impacto no uso do solo no Estado de Goiás. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, v. 19, p. 374-403, Outubro, 2011.

MARTINS, R. A. **O agrohidronegócio do pivô central no estado de Goiás: expansão, espacialização e a consequente degradação do subsistema de veredas** – Instituto de ciências humanas – Universidade de Brasília, Brasília – DF, p. 222, 2017.

NOBREGA, A. M. F. da; VALERI, S. V; PAULA, R. C. de.; SILVA, S. A. da. Regeneração natural em remanescentes florestais e áreas reflorestadas da várzea do rio Mogi-Guaçu, Luiz Antônio - SP. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 909-920, Outubro, 2008.

OLIVER ARQUITETURA. **Plano Municipal de Saneamento Básico: Diagnóstico Técnico Participativo.** Ribeirão Preto – SP, p. 226, 2017.

OLIVEIRA, E. B.; FERREIRA, M. E.; ARAÚJO, F. M. Diagnóstico do uso da terra na região Centro-Oeste de Minas Gerais, Brasil: a renovação da paisagem pela cana-de-açúcar e seus impactos socioambientais. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 3, p. 545-555, Setembro/Dezembro, 2012.

PRADO, L.; MIZIARA, F.; FERREIRA, M. F. Expansão da fronteira agrícola e mudanças no uso do solo na região Sul de Goiás: ação antrópica e características naturais do espaço. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 151-165, Janeiro/Junho, 2012.

RUDORFF, B. F. T.; SUGAWARA, L. M. Mapeamento da Cana-de-Açúcar na Região Centro-Sul Via Imagens de Satélites. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 241, p. 79-86, Novembro/Dezembro, 2007.

SANTOS, A. F. Dos. **Práticas da agricultura familiar, o uso e ocupação do solo e qualidade da água: a bacia hidrográfica do Rio pequeno – São José dos Pinhais – PR.** Tese (Doutorado em meio ambiente e desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, p. 223, 2006.

SILVA, J. X. da. O que é geoprocessamento. **Revista do CREA**, Rio de Janeiro – RJ, p. 42-44, 2009.

SILVA, A. A.; CASTRO, S. S. Dinâmica de uso da terra e expansão da cana-de-açúcar entre os anos de 2004 e 2010, na microrregião de Quirinópolis, Goiás. In: PIETRAFESA, J. P.; SILVA, S. D. de (Org.). **Transformações no Cerrado: progresso, consumo e natureza.** Goiânia: Ed. PUC Goiás, 2011. p. 155-170.

SILVA, A. A.; SANTANA, G. R. S. de; BORGES, V. M. dos S.; CASTRO, S. S. de. Alterações físicas, químicas e morfológicas em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob cultivo de cana-de-açúcar na microrregião de Quirinópolis, Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia-MG. **Anais...** Uberlândia: SBCS, 2011. p. 1587-1592.

SOUSA, A. T. de. **Caracterização de voçorocas em bordas de relevo residual tabular em Quirinópolis GO**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO, p. 170, 2010.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

TRINDADE, S. P. **Aptidão agrícola, mudanças de usos dos solos, conflitos e impactos diretos e indiretos da expansão da cana-de-açúcar na região do sudoeste goiano**. Tese (Doutorado em ciências ambientais) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO, p. 189, 2015.

TRINDADE, S. P.; FARIA, K.; CASTRO, S. S. de. Análise da expansão canavieira e as mudanças de uso do solo no sudoeste goiano de 1985 a 2016. **Boletim Goiano de Geografia, (Online)**, Goiânia, v. 38, n. 3, p. 569-590, Setembro/Dezembro, 2018.

VREC, V. Renewable Energy Company. Usina Bom Sucesso, 2011. Disponível em: <http://www.vrec.com.br/empresa/2-historico> Acesso em: 15 de Outubro de 2019.

## **CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS EM ÁREAS PRÓXIMAS A APLICAÇÃO DE VINHAÇA**

### **1- INTRODUÇÃO**

A água é fundamental para o meio ambiente e para a humanidade, sem ela é impossível a manutenção da vida e, para cada tipo de atividade em que é utilizada, é necessário que certos parâmetros sejam respeitados. De acordo com Tundisi (1999), alterações na qualidade da água ameaçam a sobrevivência de todas as espécies do planeta.

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA), o Brasil possui cerca de 12% da quantidade de água doce disponível no planeta, sendo usada para diversos fins, como: consumo humano, lazer, irrigação, entre outros. Para ser considerada apropriada para determinado uso é necessário que se faça monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Água subterrânea é toda e qualquer água que se encontra abaixo da superfície terrestre, enquanto água superficial é aquela que se acumula na superfície, dando origem a rios e lagos, sendo as principais fontes de abastecimento de água potável do planeta (MINDRISZ, 2006).

As características de um corpo hídrico dependem de fatores de uso e ocupação do solo, e também fatores antrópicos, relacionados a bacia hidrográfica, sendo imprescindível monitoramento ambiental para manutenção das características físicas e microbiológicas da água (ALMEIDA, 2008).

Além disso, para cada substância presente nas águas superficiais e subterrâneas existem valores máximos permitidos (VMP), que são parâmetros definidos pela legislação. As águas superficiais são enquadradas como águas doces de classe 2 (STELLATO, 2017).

A poluição das águas, pode ser originada de diferentes formas: poluição natural; poluição industrial; poluição urbana; poluição agropastoril (DERÍSIO, 2012). A poluição industrial se dá pelo lançamento de rejeitos industriais provenientes das diversas etapas do processo industrial. O desenvolvimento do referido setor provocou aumento significativo na produção e, conseqüentemente, a ampliação no uso de substâncias químicas, que podem contaminar o ar, água e solo, além da possibilidade de bioacumulação de algumas substâncias, provocando efeitos toxicológicos e ambientais (GUNTHER, 2008).

Em relação à poluição gerada pelo setor industrial, além do uso de produtos químicos, deve-se levar em consideração ainda os subprodutos do processo produtivo, que podem provocar impactos ambientais se descartados de forma inadequada.



Neste sentido, o setor sucroalcooleiro gera como subprodutos principais em seu processo produtivo: bagaço, torta de filtro, mel final e vinhaça. Este setor se destaca pela utilização dos seus subprodutos, bagaço na produção de energia elétrica; torta de filtro como fertilizante orgânico; mel final como alimento animal e a vinhaça na fertirrigação (CHIEPPE JR, 2012).

A vinhaça, subproduto da destilação do mosto de fermentação do álcool, apresenta concentrações elevadas de potássio, nitrogênio e matéria orgânica em sua composição, pH baixo, altos níveis de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sendo seu poder poluente considerado maior que o do esgoto doméstico, estima-se que para cada um litro de etanol destilado ocorra a produção de 12 litros de vinhaça (SILVA, GRIEBELER, BORGES, 2007).

Devido ao seu alto poder como fertilizante a vinhaça é utilizada na fertirrigação em gramíneas especialmente a cana de açúcar, mas seu uso deve ser rigorosamente controlado, pois, uma vez em contato com corpos d'água tende a provocar: proliferação de microrganismos, esgotamento do oxigênio dissolvido na água, elevação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), eutrofização, destruição da fauna e flora aquática, impossibilidade de aproveitamento para consumo da água. Além da contaminação direta da água por vinhaça é comum ainda: acúmulo da vinhaça na área agrícola devido excesso durante a aplicação; falta de uniformidade do sistema de irrigação; não impermeabilização dos reservatórios de armazenamento (SILVEIRA, 2016).

Os parâmetros analisados neste estudo (pH, condutividade, temperatura, alcalinidade, dureza, cloretos, ferro, sílica, turbidez, cor, DBO, DQO, Nitrogênio total e potássio) permitem caracterizar a qualidade da água do córrego D'Anta de acordo com comparação dos resultados das análises com a legislação vigente.

**Potencial Hidrognênico (pH)** → Representa a acidez ou alcalinidade da água por meio da medição da presença de íons hidrogênio ( $H^+$ ), valores abaixo de 7 são considerados ácidos, valor 7 neutro e acima de 7 alcalinos. As alterações de valores de pH em água podem acontecer de forma natural ou por ação humana, por meio de lançamentos de efluentes industriais e/ou domésticos. Para que se mantenha a vida aquática o ideal são valores entre 6 e 9. É considerado um dos fatores físicos mais importantes e com maior dificuldade de interpretação devido a inúmeros fatores que podem influenciar nos seus resultados (GASPAROTTO, 2011).

**Condutividade elétrica** → Este fator relaciona-se a capacidade da água de conduzir corrente elétrica, quanto mais íons dissolvidos na solução maior é a capacidade de conduzir corrente. As águas naturais possuem valores na faixa de 10 a 100  $\mu S.cm^{-1}$  e em ambientes

poluídos por esgotos domésticos ou industriais podem variar de 100 a 10000  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (OLIVEIRA, 2003).

**Temperatura** → A temperatura é uma das características organolépticas de qualidade da água, quando a alteração de temperatura de um corpo hídrico altera sua qualidade é considerado poluição térmica, quando se trata da água de rios, o aquecimento pode ser natural como em processos geotérmicos, ou ainda por ação antrópica como descarga de efluentes com temperaturas elevadas (PERCEBON; BITTENCOURT; FILHO, 2005).

**Alcalinidade** → Alcalinidade é o caráter da água de manter o equilíbrio ácido-básico, esse parâmetro físico químico mede a concentração de íons básicos,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , alterações nos valores permitidos de alcalinidade provocam mudanças no pH, o que pode provocar morte da vida aquática e desequilíbrios ambientais (DAMASCENO, 2015).

**Dureza** → O grau de dureza está relacionado a concentração de íons cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), normalmente expressa como número equivalente de miligramas por litro ( $\text{Mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) de carbonato de cálcio, os padrões de dureza podem ser divididos em: branda, pouco dura, dura e muito dura, de acordo com o grau de dureza encontrado, em corpos d'água com baixa dureza, a biota é mais sensível à presença de substâncias tóxicas (ABDALLA, et al; 2010).

**Cloretos** → Esta variável geralmente é oriunda da dissolução de minerais podendo ainda advir de esgotos domésticos ou industriais (FUNASA, 2014).

**Ferro** → O ferro está presente na maior parte das águas, porém, quando seus valores ultrapassam 0,5 ppm a água tem suas características como: sabor, odor e cor alterados, teores deste metal elevados restringem o uso da água para abastecimento urbano e também industrial (PICANÇO; LOPES; SOUZA, 2002).

**Sílica** → A presença de sílica em águas naturais, assim como ferro é bastante comum, já que são constituintes naturais do solo e das rochas (MELO; COSTA; AQUINO, 2008).

**Turbidez** → Este parâmetro pode ser definido como a medida da resistência à passagem da luz através de um líquido, grande parte das águas dos rios do Brasil naturalmente se apresenta turva devido as características geológicas da bacia, além da ocorrência natural a turbidez da água também pode ser causada pelo lançamento de esgotos domésticos e industriais (FUNASA, 2014).

**Cor** → A cor é uma característica físico-química da água que sofre influência direta de todas as impurezas e carga de sólidos dissolvidas, além de condições climáticas e processos erosivos em suas diversas formas (LUIZ; PINTO; SCHEFFER, 2012).

**DBO e DQO** → Estes dois parâmetros são utilizados para determinar a presença de

matéria orgânica na água, que é um dos principais problemas da poluição das águas, pois em quantidades elevadas podem causar desequilíbrios ecológicos, provocando extinção dos organismos aeróbicos, sabe-se contudo que a matéria orgânica é necessária aos seres heterótrofos, na sua nutrição e aos seres autótrofos como fonte de sais minerais e gás carbônico (FUNASA, 2014).

**Nitrogênio total** → De acordo com Alaburda e Nishihara (1998), o nitrogênio pode aparecer em águas superficiais em concentrações muito baixas devido a sua rápida oxidação, portanto concentrações elevadas podem ser encontradas graças a fontes de poluição próximas.

**Potássio** → Segundo Piratoba (2017) este elemento se apresenta em baixas concentrações em águas naturais e sua principal fonte é a desfragmentação de rochas, porém este elemento é utilizado na agricultura, podendo assim ter índices deste elemento na água pela ação antrópica, aparecendo em altas concentrações em águas residuais.

## **2- OBJETIVOS**

Avaliar a qualidade das águas superficiais do córrego D'Anta que abastece a usina Bom Sucesso na cidade de Goiatuba, por meio de análises físico-químicas quanto aos parâmetros: pH, temperatura, condutividade, alcalinidade, dureza, cloretos, ferro, sílica, Turbidez, Cor, DBO, DQO, Nitrogênio Total e Potássio.

## **3- METODOLOGIA**

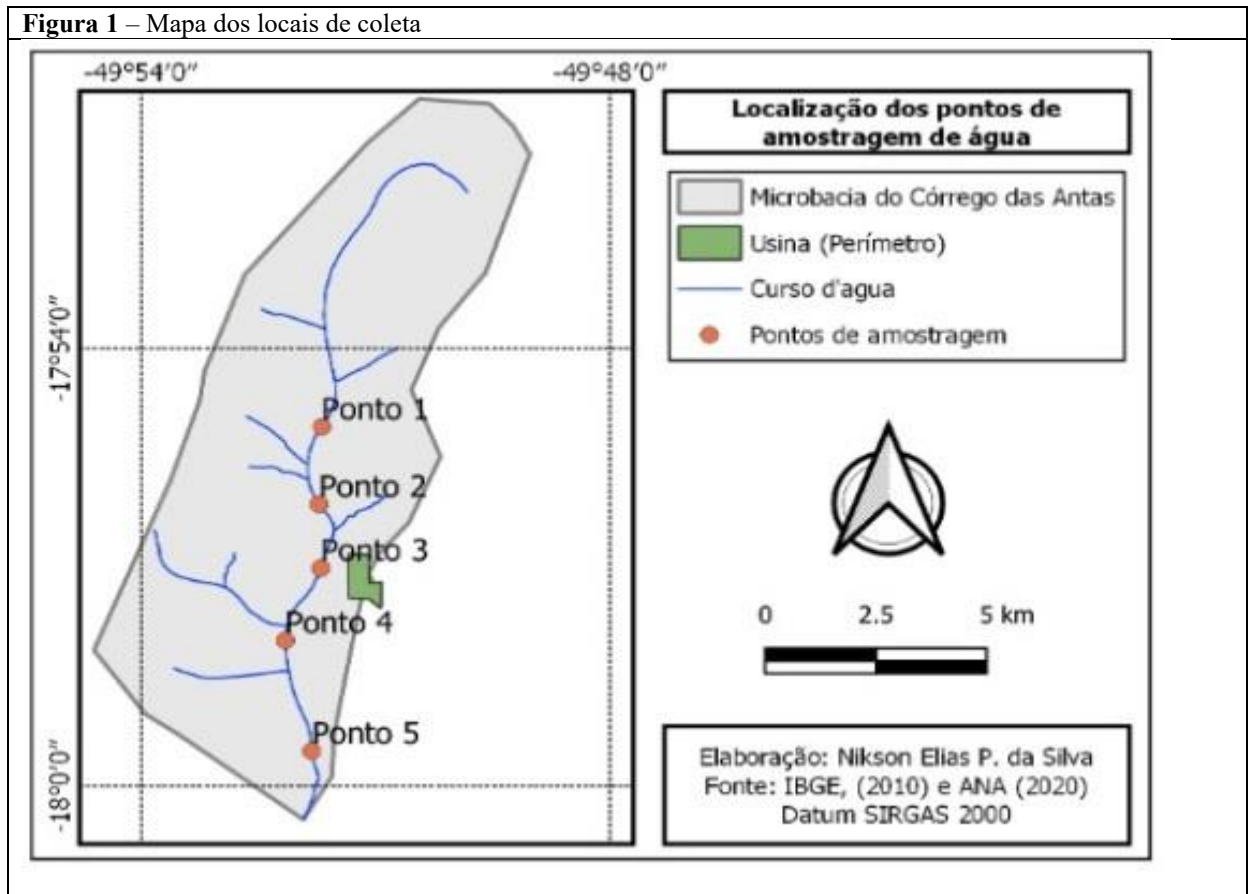
O trabalho foi desenvolvido em uma área circundada por lavouras de cana que são fertiirrigadas com vinhaça, pertencentes a Usina Bom Sucesso, situada no município de Goiatuba-GO, localizada a 175 km de Goiânia-GO, capital do estado.

A área selecionada para a pesquisa possui clima com estações hídricas bem definidas, sendo inverno seco e verão úmido. Apresenta precipitação média anual de 1350 mm (OLIVER ARQUITETURA, 2017).

A usina Bom Sucesso é abastecida pelo Córrego D'Anta, tributário do Ribeirão Santa Bárbara. Foram coletadas cinco amostras em cinco diferentes pontos do referido curso d'água (Quadro 1), no dia 23 de setembro de 2019, em área cultivada com canaviais e fertiirrigada com vinhaça, sendo o ponto 3 próximo ao tanque de deposição de vinhaça da unidade industrial (Figura 1).

**Quadro 1** – Identificação dos pontos de coleta no córrego D'Anta

Local de Estudo	Coordenadas Geográficas	
Ponto 1 - Córrego D'Anta (Cabeceira)	17°56,773'S	49°51,663'O
Ponto 2 - Córrego D'Anta (Nascente)	17°55,031'S	49°51,709'O
Ponto 3 - Córrego D'Anta (Trecho de montante)	17°57,015'S	49°51,569'O
Ponto 4 - Córrego D'Anta (Trecho médio)	17°57,948'S	49°51,290'O
Ponto 5 - Córrego D'Anta (Jusante)	17°59,429'S	49°51,290'O

**Figura 1** – Mapa dos locais de coleta

A metodologia de coleta foi fundamentada no manual para orientação de Análise de água no Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2016). Seguindo-se as etapas principais propostas pelo manual:

- As coletas e manuseio dos frascos foram realizados com cuidado, para evitar contaminação química e microbiológica das amostras.
- As mãos foram lavadas com água e sabão antes de cada coleta.
- Os frascos foram abertos apenas no momento da coleta e por tempo necessário para encher o frasco.
- Os frascos foram esterilizados com álcool 70% INPM antes da coleta.
- Após a coleta cada frasco foi identificado com o nome do ponto e as coordenadas geográficas, obtidas a partir do aplicativo “Minhas coordenadas GPS” instalado e configurado previamente.
- Foi medida a temperatura ambiente no momento da coleta das amostras, com o uso de termômetro.
- Os frascos foram lacrados e enviados imediatamente ao laboratório para realização das análises.

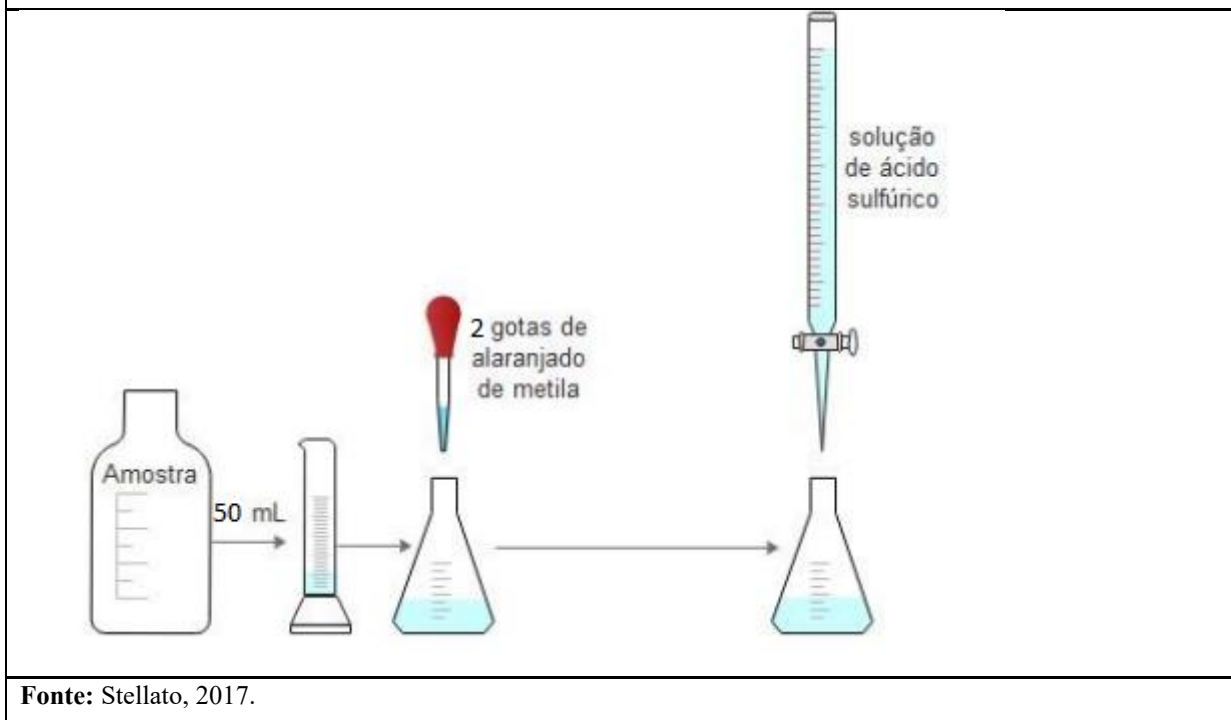
A metodologia utilizada para as análises: pH, condutividade, temperatura, alcalinidade, dureza, cloretos, ferro, sílica, turbidez, cor, basearam-se no proposto pelo centro de tecnologia canavieira (CTC) e as análises de: DBO, DQO, Nitrogênio total e potássio basearam-se na proposta pelo *Standart Methods of Water and Waste Water 23 edition* (APA, 2017).

### **pH, condutividade e Temperatura**

Estas análises foram realizadas após as amostras chegarem ao laboratório, as amostras foram colocadas em béqueres e posteriormente levadas ao pHmetro, condutivímetro e termômetro para medição do pH, condutividade e temperatura respectivamente.

### **Alcalinidade**

Em 50 mL de amostra foram adicionadas 2 gotas do indicador alaranjado de metila e posterior titulação com ácido sulfúrico 0,1 N até obtenção de cor levemente avermelhada (Figura 2). Em seguida anotou-se o volume. O valor obtido foi multiplicado por 100.

**Figura 2** - Esquema do procedimento de realização da análise de alcalinidade

Fonte: Stellato, 2017.

### Dureza

Para a análise de dureza foi medido 50 mL da amostra, em seguida adicionou-se 5 mL de solução tampão para dureza, após agitação foi adicionado 0,1 g de negro de eriocromo. Feito este procedimento se a amostra apresentar cor azul, indica que não existe dureza, se apresentar coloração rosa indica presença de dureza, então a amostra deve ser titulada com E.D.T.A 0,0025 M. até a coloração azul. O volume de EDTA gasto é multiplicado por 5 obtendo-se assim o valor da dureza.

### Cloretos

Para a análise de cloretos foram utilizadas 50 mL de amostra, em seguida adicionou-se 4 gotas de solução de cromato de potássio 5%, em seguida, foi realizada a titulação com Nitrato de Prata 0,02 N até a primeira mudança de cor, o volume de nitrato de prata gasto foi anotado e em seguida multiplicado por 14 para obtenção do valor de cloreto presente na amostra.

### Ferro total

Para a análise de ferro total, utilizou-se 50 mL de amostra, adicionando-se em seguida 2 mL de ácido clorídrico concentrado e 1 mL de cloreto de hidroxilamina, posteriormente a amostra foi aquecida dentro do exaustor, até restar cerca de 10 mL, posteriormente resfriada em temperatura ambiente. Em seguida a amostra foi passada para balão volumétrico de 50 mL, posteriormente foi adicionado 10 mL de solução de acetato de amônio e 4 mL de solução de Fenantrolina completando-se o volume com água destilada, após 10 minutos a leitura foi

feita no espectrofotômetro com comprimento de onda de 510 nm e caminho óptico 10 nm.

### **Sílica**

Inicialmente a amostra foi filtrada em papel de filtro quantitativo Whatman nº 40, em seguida foi utilizada 10 mL da amostra. Posteriormente foi adicionado 5 mL de ácido clorídrico 2%, 1 mL de ácido oxálico 10%, 5 mL de Molibdato de amônio 10% e 10 mL de sulfito de sódio 17%. Após 5 minutos a leitura foi realizada em espectrofotômetro ajustado em 460 nm, calibrado com o branco e água destilada.

### **Turbidez**

Foi colocado 50 mL de amostra diretamente em Turbidímetro Hellige, calibrado com solução padrão que consiste em 500 mL de suspensão padrão de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e papéis de gráfico em branco para trabalhar em cinco faixas de turbidez.

### **Cor**

Primeiramente encheu-se um tubo de ensaio com água destilada, em seguida mergulhou-se o *plunguer* no interior do tubo. Após essa etapa repetiu-se esse procedimento com o tubo de ensaio cheio da amostra, então os tubos foram levados ao comparador visual, para leitura do resultado.

### **DBO**

As amostras para análise de DBO foram coletadas em frasco escuro para impedir a passagem de luz, em seguida no laboratório as amostras foram agitadas e colocadas em um tubo teste de DBO, tendo seu volume completado com água. Os tubos foram fechados e as amostras incubadas em banho maria, a 1° C por 5 dias, após o período de incubação foi adicionado reagentes a amostra e leitura em espectrofotômetro, calibrado com o branco.

### **DQO**

Foram utilizados como padrões de DQO nas concentrações de 193, 200 e 500 mg  $\text{O}_2 \text{L}^{-1}$ , o reagente hidrogenoftalato de potássio seco em estufa a 110 °C por uma hora e solução digestora ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{HgSO}_4$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diluídos em água), que provoca a redução de cromo VI em cromo III, as amostras foram colocadas em um digestor a 150°C, por 2 horas, e a leitura realizada em espectrofotômetro já calibrado com curvas-padrão pré-determinadas.

### **Nitrogênio Total**

Para determinação do nitrogênio total foi realizado aquecimento prévio do bloco digestor a 150 °C, em seguida transferiu-se 0,2 g de amostra para o tubo e adicionou-se 5 mL da solução ácida digestora contendo  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . O tubo foi agitado manualmente e então colocado no digestor a 150°C por 1 h, posteriormente aqueceu-se o digestor até 400 °C sendo mantida por 2 h. Após resfriada a amostra a temperatura ambiente (cerca de 40 minutos) foram

adicionados cuidadosamente 20 mL de água e o tubo foi conectado ao destilador. Na próxima etapa foram adicionados 10 mL de NaOH 10 mol.L<sup>-1</sup>, fechando-se imediatamente o sistema de destilação. Por fim, foi ligado o aquecimento e o destilado foi recolhido, e a leitura realizada em espectrofotômetro previamente calibrado.

### **Potássio**

Inicialmente para determinação do potássio, foi preparada a solução estoque, pesou-se 1,9067 g de cloreto de potássio, seco em estufa a 200 °C por 3 horas e resfriado à temperatura ambiente em dessecador, sendo transferido para um balão de 1000 mL que teve seu volume completado com água destilada. O próximo passo foi a preparação de uma solução padrão intermediária diluindo 10 mL para um volume final de 100 mL. Por último o espectrofotômetro foi ajustado no comprimento de onda 766,5 nm, com o espectrofotômetro já calibrado e zerado foi realizada a leitura das amostras.

Os resultados das análises de água foram classificados de acordo com a resolução CONAMA 357/05 para classe 2, que define classe 2 como:

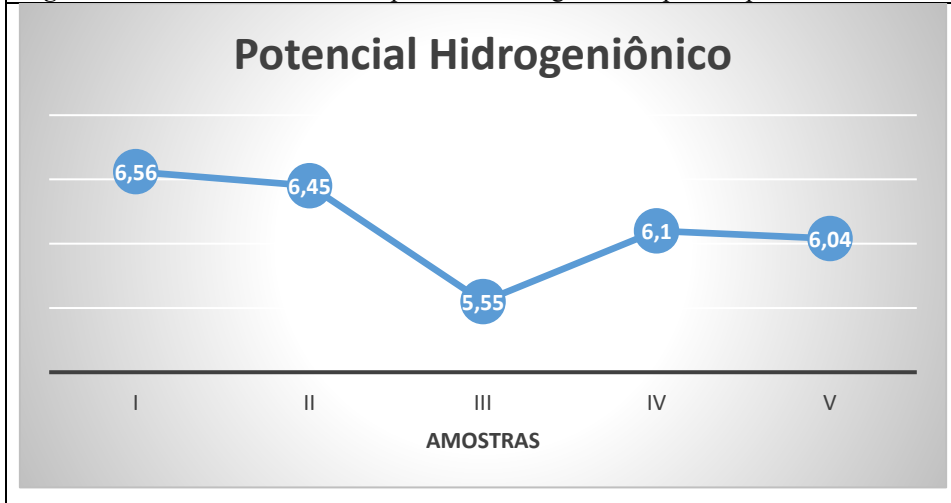
“águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n.º. 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aquicultura e à atividade de pesca” (CONAMA 357/05).

Todos os parâmetros analisados para águas superficiais de acordo com a referida legislação foram classificados como dentro ou não dos valores previstos na legislação para águas de classe II.

## **4- RESULTADOS E DISCUSSÃO**

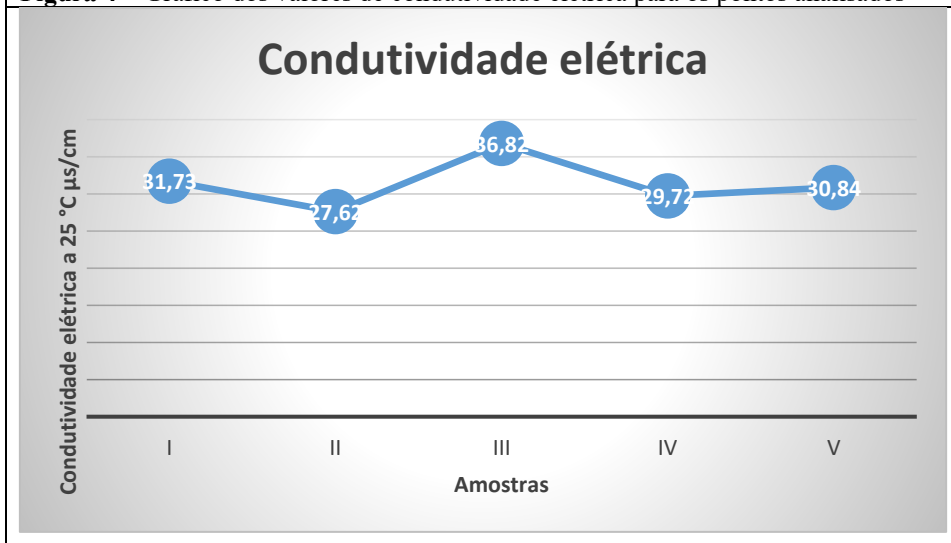
Os valores de pH registrados nos cinco pontos analisados oscilaram entre 5,55 a 6,56, com média de 6,14 (Figura 3) ficando dentro da faixa de pH fixada pelo CONAMA 357/2005, que indica valores entre 6,00 e 9,00 para água doce classe II. O ponto 3 localizado próximo ao parque industrial apresentou valor baixo de pH que deve estar associado à aplicação e/ou descarte de vinhaça em locais próximos do ponto analisado. Segundo Vasconcelos e Souza (2011) o pH é uma das variáveis mais importantes, pois determina o grau de acidez da amostra. Variações em seus valores podem afetar o crescimento de microrganismos, podendo sofrer interferência de diversos fatores externos, sendo assim de difícil interpretação.



**Figura 3** – Gráfico dos valores de potencial hidrogeniônico para os pontos analisados

Os valores de condutividade elétrica obtidos, ficaram entre 27,62 e 36,82  $\mu\text{s/cm}$ , com média 31,85  $\mu\text{s/cm}$  (Figura 4). Não existe na legislação um padrão de condutividade. Segundo Piratoba et al. (2017) as águas naturais possuem valores na faixa de 10 a 100  $\mu\text{s/cm}$ , e em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1000  $\mu\text{s/cm}$ .

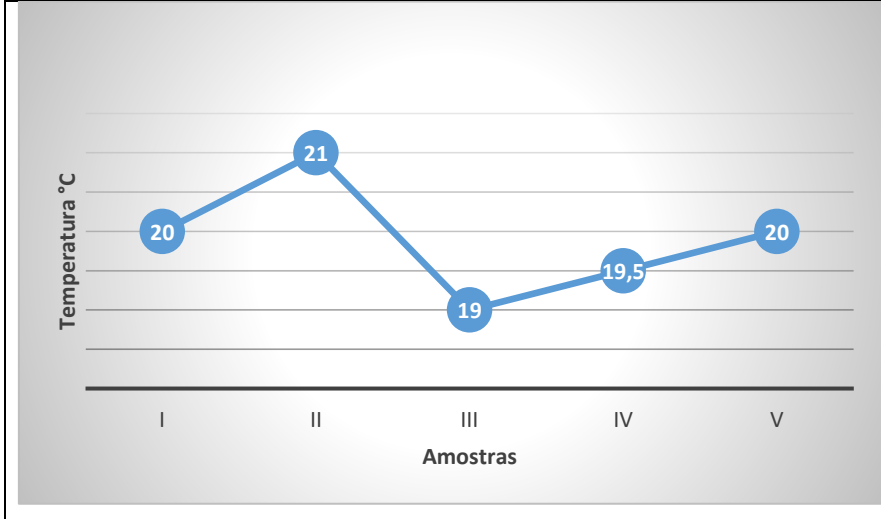
Corroborando com os resultados apresentados neste estudo Piratoba et al. (2017), realizaram estudo sobre a qualidade da água em Barcarena-PA, encontrando valores de condutividade semelhantes aos aqui constatados de 26,00 a 50,10  $\mu\text{s/cm}$ .

**Figura 4** – Gráfico dos valores de condutividade elétrica para os pontos analisados

A temperatura é considerada como a quantidade de calor existente na água, depende de fatores como clima, radiação solar, composição geológica, cobertura de nuvens. Em águas

superficiais a temperatura pode ser afetada ainda pela latitude, altitude, estação do ano, vazão (PARCEBON; BITTENCOURT; FILHO, 2005). Os valores médios de temperatura encontrados para este estudo foram 19,9°C. As coletas foram realizadas a uma temperatura ambiente de 29°C (Figura 5). Todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e também ao longo das estações do ano, contudo o lançamento de efluentes também pode causar variações na temperatura, afetando diretamente os organismos aquáticos.

**Figura 5** – Gráfico dos valores de temperatura para os pontos analisados



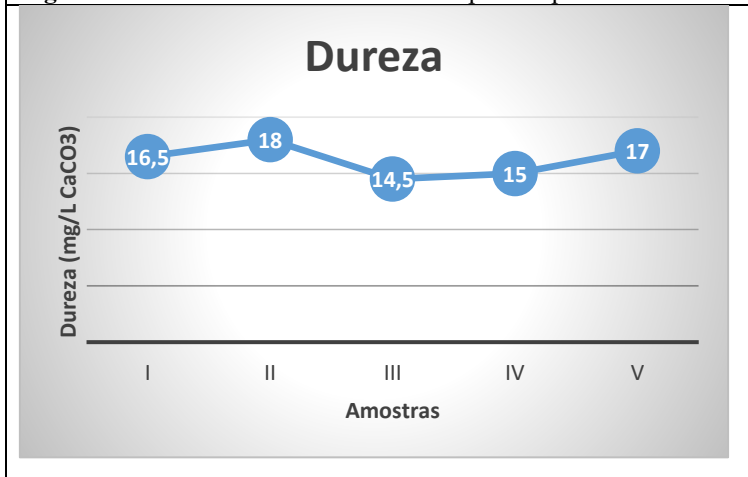
Os valores encontrados para alcalinidade total nos pontos avaliados variaram de 13 a 17 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, com valor médio igual a 15,8 mg/L de CaCO<sub>3</sub> (Figura 6). O padrão de alcalinidade total para águas naturais segundo a Secretaria Federal de Vigilância em Saúde está na faixa de 30 a 500 mg/L de CaCO<sub>3</sub> (Brasil, 2006). No presente estudo os valores encontrados são inferiores, podendo apresentar como justificativa, baixos valores de bicarbonatos nas amostras.

**Figura 6** – Gráfico dos valores de alcalinidade total para os pontos analisados



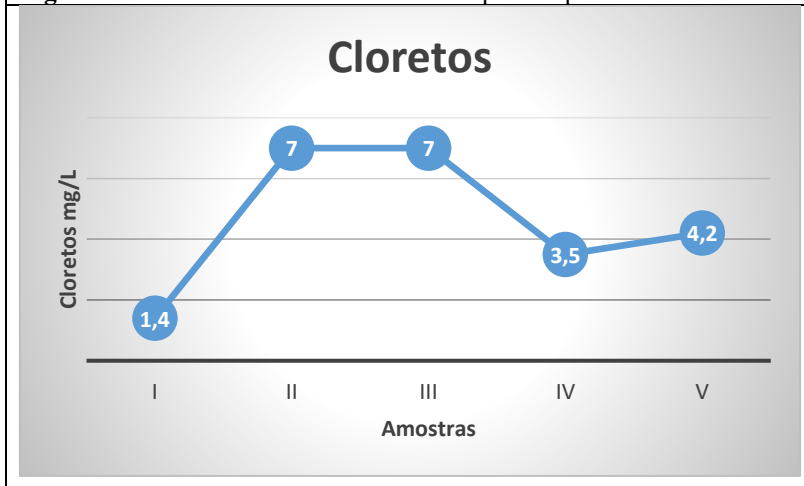
A dureza é a concentração de metais de cálcio e magnésio nas águas, e em menor quantidade ferro, manganês, estrôncio e alumínio, sendo influenciada principalmente pela dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio e também por despejos industriais (PIRATOBA; et al., 2017). Neste estudo os valores de dureza das amostras variaram de 14,5 a 18 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , com valores médios de 16,2 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  (Figura 7). Segundo a Fundação Nacional de Saúde, águas que apresentam valores inferiores a 50 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  são consideradas águas brandas ou moles, em águas com dureza reduzida a biota é mais sensível a presença de substâncias tóxicas (BRASIL, 2014),.

**Figura 7** – Gráfico dos valores de dureza para os pontos analisados



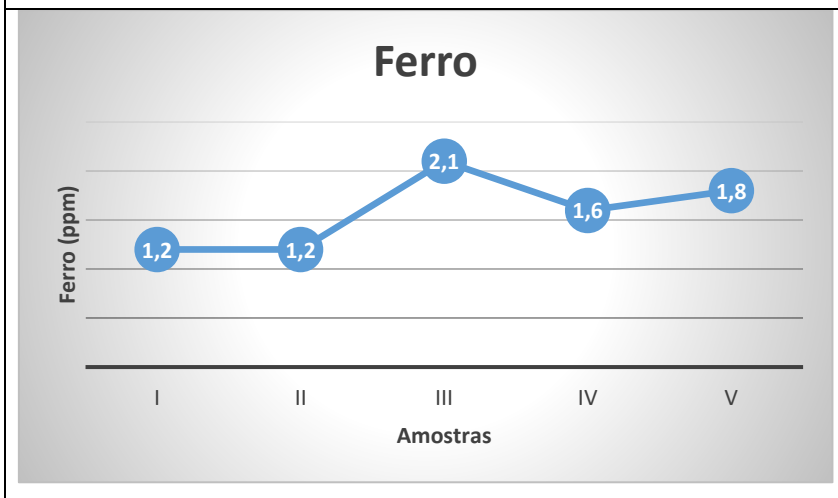
Segundo Almeida e Souza (2019) o cloreto é um íon que pode ter origem antrópica ou geológica, os teores de cloreto neste estudo variaram de 1,4 a 7 mg/L, com média de 4,62 mg/L (Figura 8). Os níveis de cloreto aceitáveis segundo os autores são de até 250 mg/L, portanto, os valores aqui encontrados foram muito baixos.

**Figura 8** – Gráfico dos valores de cloretos para os pontos analisados



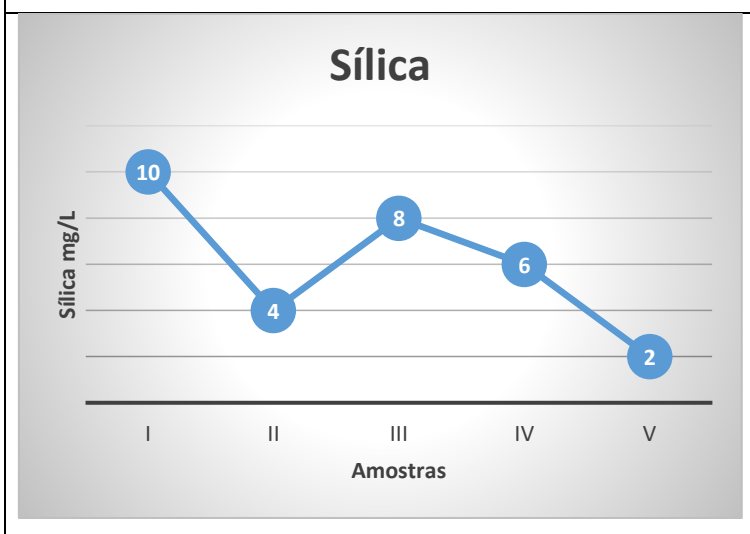
O ferro é encontrado em praticamente todas as águas. Teores superiores a 0,5 ppm, alteram a cor, odor e sabor da água, valores superiores a 0,3 ppm, pode restringir a utilização da água para consumo humano ou industrial (PICANÇO; LOPES; SOUZA, 2002). Neste estudo os teores de ferro encontrados variaram de 1,2 a 2,1 ppm, com média de 1,58 ppm (Figura 9), valores bem acima dos aceitáveis, uma justificativa possível deve-se às amostras serem de águas superficiais que podem conter valores maiores de ferro devido ao descarte de materiais industriais.

**Figura 9** – Gráfico dos valores de ferro para os pontos analisados



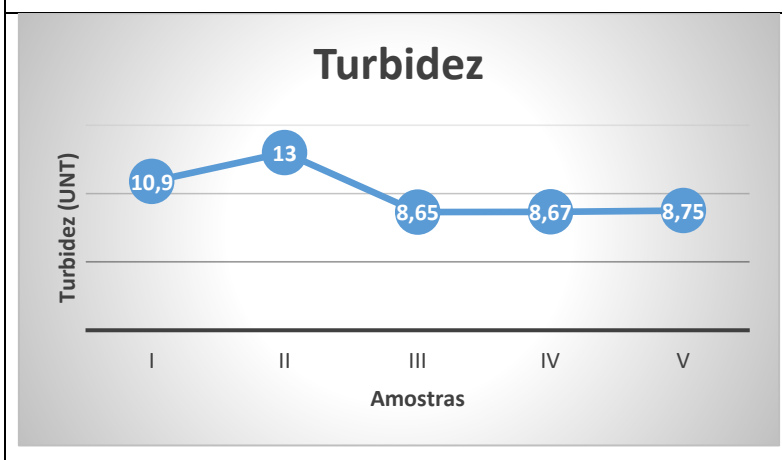
A presença de sílica em águas naturais é bastante comum, pois é um dos constituintes naturais do solo e das rochas, sendo considerados aceitáveis níveis entre 1 e 30 mg/L (MELO; COSTA; AQUINO, 2008). Neste estudo os valores deste parâmetro variaram de 2 a 10 mg/L, com valor médio de 6 mg/L, a variação pode ser resultado da presença de sedimentos nas amostras (Figura 10).

**Figura 10** – Gráfico dos valores de sílica para os pontos analisados



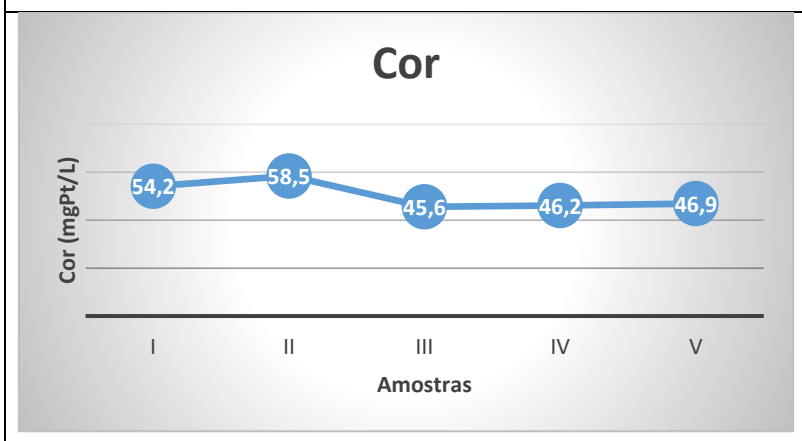
A turbidez indica a qualidade da água, relacionada à existência de matéria orgânica e argilas em suspensão, que interferem na penetração da luz. A unidade de medida é expressa em unidade nefelométrica de turbidez (UNT) (ROBERTO et al., 2017). Segundo a resolução CONAMA 357/05 o valor máximo para turbidez em águas de classe 2 é até 100 UNT/mL. Neste trabalho os valores encontrados para turbidez, são considerados baixos, variaram de 8,65 a 13 UNT com valor médio 9,99. A discrepância entre os valores pode ser devido a presença de materiais em suspensão nas amostras (Figura 11).

**Figura 11** – Gráfico dos valores de turbidez para os pontos analisados



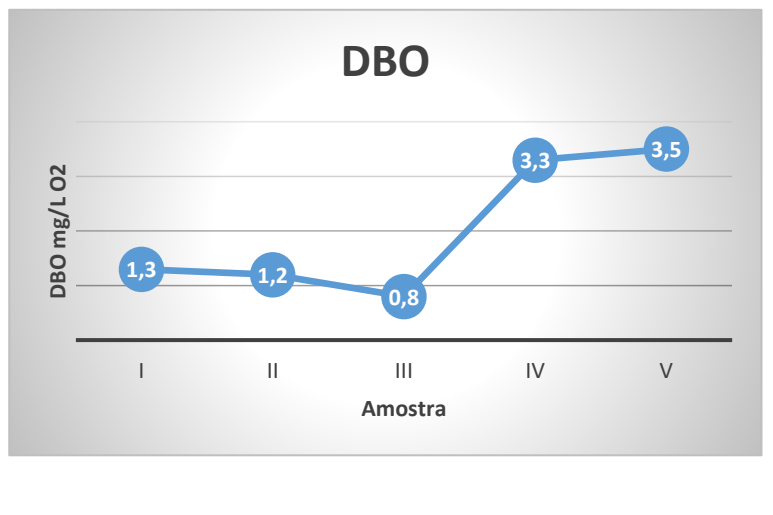
Os valores médios de cor em água se relacionam a sedimentos provenientes do uso, manejo e transporte de elementos do solo, podendo sofrer influência de processos erosivos e do descarte de resíduos industriais (LUIZ; PINTO; SCHEFFER, 2012). Segundo a Resolução do CONAMA 357/05, para águas de classe 2, os valores de cor podem variar até 75 mgPt/L. Neste estudo os valores variaram de 45,6 até 58,5 mgPt/L, com valor médio de 50,28 mgPt/L (Figura 12), portanto, valores aceitáveis para a classe II de uso da água.

**Figura 12** – Gráfico dos valores de cor para os pontos analisados



Os níveis de DBO variaram entre 0,80 a 3,50 mg/L O<sub>2</sub> com média de 2,02 mg/L (Figura 13). Os valores encontrados estão dentro dos valores fixados pelo CONAMA 357/2005, onde o limite máximo é de 5,00 mg/L O<sub>2</sub> para rios de água doce classe II. A variações nos valores de DBO podem estar relacionadas ao consumo de oxigênio dissolvido na água por bactérias decompondo a matéria orgânica nos pontos que apresentaram valores mais baixos.

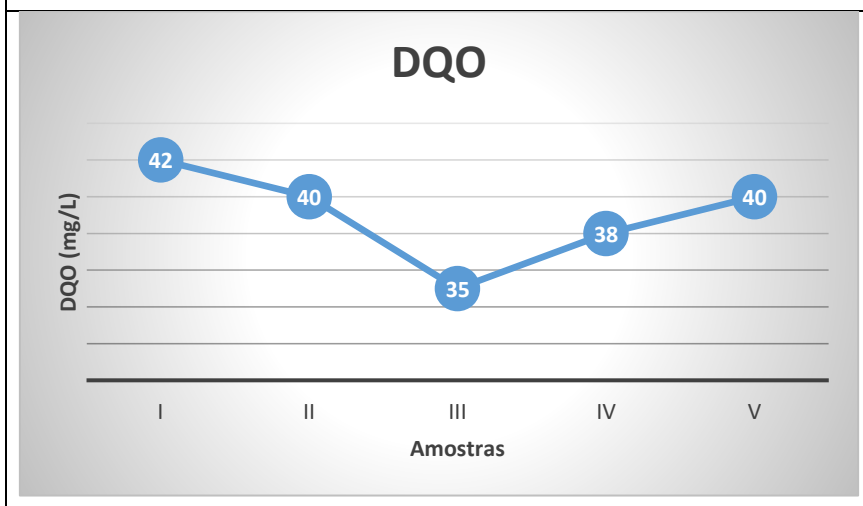
**Figura 13** – Gráfico dos valores de DBO para os pontos analisados



Os valores de DQO variaram de 35,0 a 42,0 mg/L, com valor médio 39,0 mg/L (Figura 14). Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2015) os valores de DQO são superiores aos valores de DBO, neste estudo observa-se uma diferença significativa entre esses valores, sendo um parâmetro eficiente no controle de efluentes industriais.

A variação dos valores de DQO pode estar relacionada ao local de descarte de efluentes apresentando valores mais baixos em locais próximos a unidade industrial e valores mais elevados em locais mais afastados.

**Figura 14** – Gráfico dos valores de DQO para os pontos analisados

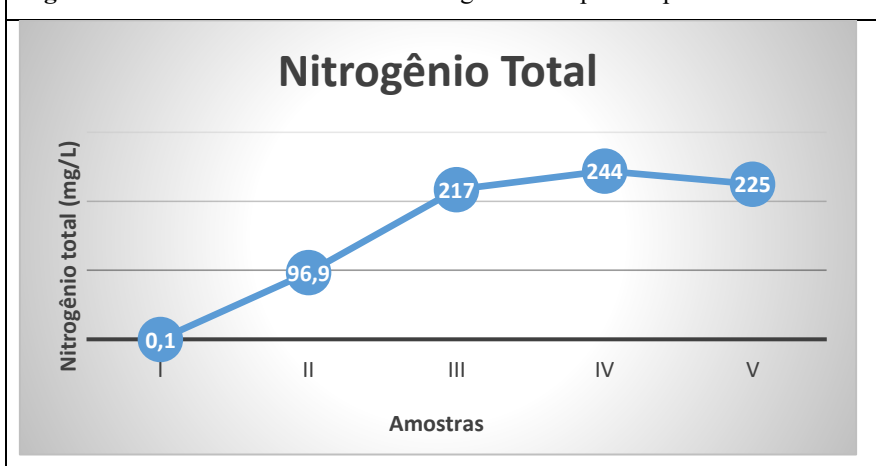


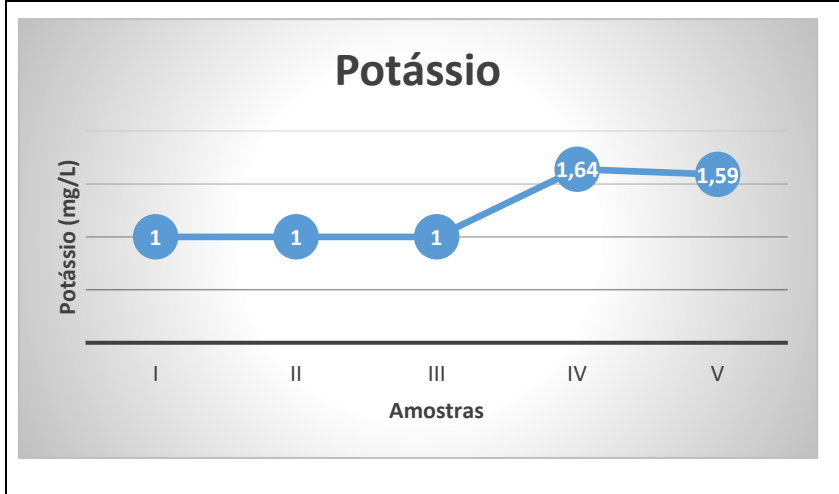
As concentrações de nitrogênio total obtidas oscilaram entre menor que 0,1 e 244 mg  $\text{NH}_3/\text{L}$  (Figura 15). Segundo o limite determinado pelo CONAMA 357/2005, os valores de nitrogênio total em forma de amônia ou nitrato e nitrito devem variar de 1,27 a 2,18 mg/L, indicando possível contaminação por vinhaça, deve-se ressaltar que a análise de nitrogênio total indica presença de compostos nitrogenados sem indicar em qual forma estes compostos se apresentam. Uma das possíveis causas para os elevados níveis de nitrogênio total pode estar relacionada à contaminação do curso d'água pela vinhaça que é rica em nitrogênio, sendo assim águas superficiais em locais que existe contaminação, tendem a ter valores mais elevados de nitrogênio total, nas amostras analisadas houve variação nos valores de nitrogênio total, porém todos com valores acima dos permitidos em legislação, indicando assim possível contaminação das amostras por este subproduto industrial.

A presença de compostos nitrogenados em água pode estar relacionada a descarte de efluentes industriais como a vinhaça, sendo sua presença em forma de amônia indicativa de águas recém-poluídas, enquanto nitrito e nitrato indicam poluição mais antiga, a análise de nitrogênio total indica a presença de compostos nitrogenados em todas as suas formas. Segundo Leite et al. (2013) a grande maioria dos organismos vivos são extremamente sensíveis a presença de compostos nitrogenados, sendo seu valor acima do permitido em águas altamente prejudicial a fauna aquática, provocando impactos ecológicos em diferentes níveis.

Os níveis de potássio variaram entre <1,0 e 1,64 mg/L K (Figura 16). Em geral os níveis ficaram de acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2015), que determina valores menores que 10 mg/L K.

**Figura 15** – Gráfico dos valores de Nitrogênio total para os pontos analisados



**Figura 16** – Gráfico dos valores de Potássio para os pontos analisados

## 5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nas análises de água permitem afirmar que a maioria dos parâmetros avaliados estão dentro dos padrões permitidos, conforme a legislação ambiental pertinente, exceto nitrogênio total e DQO, que se apresentaram fora dos limites previstos na legislação. As anomalias encontradas nesses últimos parâmetros podem indicar possível contaminação por vinhaça, tendo em vista que as áreas coletadas e com resultados mais alterados estão próximas aos locais de aplicação do referido efluente. Ressalta-se que a vinhaça, geralmente é rica em matéria orgânica, potássio e nitrogênio.

Porém para uma maior confiabilidade na afirmação de que a área pesquisada está contaminada pela presença do efluente seria necessário repetições das análises além de coletas em estações alternadas do ano. Os dados obtidos neste trabalho podem ser considerados em relação a uma possível contaminação já que alguns parâmetros relacionadas à vinhaça tiveram valores alterados, sendo necessário realizar pesquisas na referida área para confirmação dos dados obtidos aqui.

Além disso deve-se ressaltar que uma vez em contato com a água os tratamentos convencionais das estações de tratamento de água, não são eficientes para a remoção destes compostos da água, sendo de extrema importância o controle do descarte de vinhaça e sua aplicação deve ser feita de forma controlada, obedecendo a legislação vigente pois, uma vez em contato com a água representa um problema ambiental muito grave que pode gerar consequências significativas à saúde humana.



## 6- REFERÊNCIAS

- ABDALA, K. V. P.; *et al.* **Avaliação da dureza e das concentrações de cálcio e magnésio em águas subterrâneas da zona urbana e rural do município de Rosário-MA.** In: XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2010. Anais... São Luís – MA, 2010
- ALABURDA, J.; NISHIARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços, **Revista de saúde pública**, n. 2, v. 32, p. 531-7, 1998.
- ALMEIDA, R. B. **Estudo da poluição de águas superficiais causada pelo lançamento de percolado, proveniente do aterro controlado da Muribeca-PE.** Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, p. 114, 2008.
- ALMEIDA, W. R. F. de.; SOUZA, F. M. de. Análise físico-química da qualidade da água do Rio Pardo do município de Cândido Sales – BA, **Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, n. 43, p. 363-378, 2019.
- APA – American Public Health Association. Bair; Eaton. Rice. **Standart methods for the examination of water and wastewater.** 23rd edition. 2017
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Fundação Nacional de Saúde.** Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014.
- BRASIL. **Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005.** Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.
- BRASIL. **Secretaria de Vigilância em Saúde.** Vigilância e controle da qualidade da água para o consumo. Brasília, p.212, 2006.
- CETESB – Companhia Ambiental do estado de São Paulo. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo**, 2015.
- CHIEPPE JÚNIOR, J. B. **Gestão de resíduos.** Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012.
- DAMASCENO, D. **Controle de qualidade de águas potáveis utilizando análise multivariada de imagens.** Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química – Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO, p. 177, 2015.
- DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** CETESB, São Paulo, BRASIL, p. 201, 2012.
- GASPAROTTO, F. A. **Avaliação ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP.** Dissertação (Mestrado em ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, p. 90, 2011.
- GUNTHER; W. M. R. Resíduos sólidos no contexto da saúde ambiental. Tese (Doutorado em controle de resíduos) – Faculdade de saúde pública – Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, p. 148, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Análise de água no instituto Adolfo lutz**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Ed. IV. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2004.

LEITE, D. A. N. de. O. *et al.* Avaliação dos parâmetros do índice de qualidade de água segundo o modelo estatístico arima, **Holos Environment**, n. 1, v. 13, p. 24, 2013.

LUIZ, A. M. E.; PINTO, M. L. C.; SCHEFFER, E. W. de. O. Parâmetros de cor e turbidez como indicadores de impactos resultantes do uso do solo, na bacia hidrográfica do rio Taquaral, São Mateus do Sul – PR, **Revista Raega**, n. 24, p. 290-310, 2012.

MELO, M.; COSTA, B.; AQUINO, O.; **Remoção de ferro e sílica de água subterrânea visando geração de vapor: estudo de caso**. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2008. Anais... Santa Catarina: Centro de Convenções de Florianópolis, 2008.

MINDRISZ, A. C.; **Avaliação da contaminação da água subterrânea de poços tubulares, por combustíveis fósseis, no município de Santo André, São Paulo: Uma contribuição à gestão ambiental**. Tese (Doutorado em ciências na área de tecnologia nuclear) – Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, São Paulo – SP, p. 254, 2006.

OLIVER ARQUITETURA. **Plano Municipal de Saneamento Básico: Diagnóstico Técnico Participativo**. Ribeirão Preto – SP, p. 226, 2017.

OLIVEIRA, S. R.; **Avaliação da qualidade da água e da carga de nutrientes do córrego do Cancã, município de São Carlos – SP**. Dissertação (Mestrado em hidráulica e saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, p. 162. 2003.

PERCEBON, C. M.; BITTENCOURT, A. V. L.; FILHO, E. F. da. R. Diagnóstico da temperatura das águas dos principais rios de Blumenau-SC, **Boletim paranaense de geociências**, n. 56, p. 7-19, 2005.

PICANÇO, F. E. L.; LOPES, E. C. S.; SOUZA, E. L. de. **Fatores responsáveis pela ocorrência de ferro em águas subterrâneas da região metropolitana de Belém/PA**. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2002. Anais... Santa Catarina: Centro de convenções de Florianópolis, 2002.

PIRATOBA, A. R. A.; *et al.* Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, n. 3, v. 12, p. 435-456, 2017.

ROBERTO, M. da. C.; *et al.* Avaliação do pH, turbidez e análise microbiológica da água do córrego Guará velho em Guarai, estado do Tocantins. **Revista Desafios**, n. 4, v. 4, p. 3-14, 2017.

SILVA, A. S. Da; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático, **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 11, n. 1 p. 108-114, 2007.

SILVEIRA, R. N. C. M. **Manejo e cuidados no uso da vinhaça na fertiirrigação**. ANA – Agência Nacional de águas – Instituto de pesquisa e inovação na agricultura irrigada, 2016.

STELLATO, T. B. **Avaliação da qualidade da água superficial e subterrânea da área de instalação do futuro reator multipropósito brasileiro – RMB, como uma ferramenta para a obtenção da licença de instalação**. Dissertação (Mestrado em ciências na área de tecnologia nuclear – materiais) – Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, p. 210. 2017.

TUNDISI, J. G. **Limnologia do século XXI: perspectivas e desafios**. São Carlos: Suprema gráfica e editora, IIE, 1999.

VASCONCELOS; V. de. M. M.; SOUZA; C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil, **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 305 – 324, 2011.