



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Sacharum officinarum* L.) NO BRASIL: UMA
REVISÃO**

FELIPE LADEMIR PEREIRA FILIPPIN

Brasília - DF

Mai de 2021

FELIPE LADEMIR PEREIRA FILIPPIN

**CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Sacharum officinarum* L.) NO BRASIL: UMA
REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária
como exigência final para obtenção de
título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Jader Galba Busato

Brasília – DF

Mai de 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Filippin, Felipe Lademir Pereira

CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Sacharum officinarum* L.) NO BRASIL: UMA REVISÃO / Felipe Lademir Pereira Philippin; Jader Galba Busato. – Brasília, 2021 – 53 p.: il. Monografia de Graduação (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2021.

FILIPPIN, F. L. P. **Cultivo da cana-de-açúcar (*Sacharum officinarum* L.) no Brasil: uma revisão.** Brasília: Universidade de Brasília. 2021. 53 p, Tese de Conclusão de Curso.

Cessão de direitos

Nome do autor: FELIPE LADEMIR PEREIRA FILIPPIN

Título da Monografia de Conclusão de Curso: CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Sacharum officinarum* L.) NO BRASIL: UMA REVISÃO

GRAU: 3º **ANO:** 2021

É concedida a Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

FELIPE LADEMIR PEREIRA FILIPPIN

**CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Sacharum officinarum* L.) NO
BRASIL: UMA REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em _____ de _____ de _____

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Jader Galba Busato

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –
Universidade de Brasília
Orientador

Profa. Dra. Alessandra Monteiro de Paula

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –
Universidade de Brasília
Examinador

Prof. Dr. Armando Fornazier

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –
Universidade de Brasília
Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por me dar saúde, paz e as oportunidades concedidas.

Aos meus pais, Lademir Domingos Filippin e Célia Aparecida Pereira da Cruz, por me dar educação, confiança e condições financeiras.

Aos meus amigos, por todo apoio psicológico que puderam me dar.

À Universidade de Brasília, por me proporcionar educação de qualidade e oportunidades.

À toda equipe de professores e funcionários, principalmente, ao professor e orientador Dr. Jader Galba Busato, por me auxiliar e ter paciência na condução do trabalho de conclusão de curso.

FILIPPIN, FELIPE LADEMIR PEREIRA. **O cultivo da cana-de-açúcar (*Sacharum officinarum* L.) no Brasil: uma revisão.** 2021. Monografia (Bacharelado em Agronomia). Universidade de Brasília – UnB.

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho realizar uma revisão sobre o cultivo da cana-de-açúcar no Brasil. Aspectos relacionados à importância econômica, social e questões ambientais foram relatadas, assim como algumas modificações no manejo desta cultura agrícola observadas ao longo dos anos. Modificações em relação ao não uso de fogo anteriormente à colheita e ao reaproveitamento de resíduos provenientes das atividades realizadas nas usinas foram discutidas. Os números atuais, em termos de área de produção, produtividades, volume de etanol e quantidade de açúcar, demonstram que a atividade sucroalcooleira ainda desempenha importante papel na economia brasileira. Os resíduos gerados da indústria sucroalcooleira são importantes para a própria produção da cana-de-açúcar, pois diminui o custo produção com a utilização da vinhaça e da torta de filtro como fontes de nutrientes e do bagaço para geração de energia elétrica e térmica. Por fim, aspectos relacionados ao uso de reguladores de crescimento, principalmente para o controle da floração e diminuição da isoporização do colmo, e de bioestimulantes à base de bactérias e substâncias húmicas, objetivando aumentar a produtividade, enraizamento e maior tolerância aos estresses bióticos e abióticos, tem mostrado resultados promissores.

Palavras-chave: resíduos, bioestimulantes, substâncias húmicas, bactérias.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção mundial dos dez maiores produtores de cana-de-açúcar em toneladas.	14
Figura 3 - Evolução da área total plantada com cana-de-açúcar no Brasil no período de 2005 a 2021	16
Figura 4 - Fluxograma de reabsorção de gás carbônico pela cultura da cana-de-açúcar	18
Figura 5 - Estimativa de área plantada na safra 2020/21	21
Figura 6 - Estimativa de produtividade na safra 2020/21	21
Figura 7 - Estimativa de produção na safra 2020/21	21
Figura 8 - Fluxograma da cadeia industrial da cana-de-açúcar e seus principais produtos e subprodutos	26

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Produção brasileira de etanol (anidro, hidratado e total), açúcar e cana-de-açúcar no período compreendido entre os anos 2000 e 2021	199
Quadro 2 – Áreas de expansão do cultivo de cana-de-açúcar com os produtos substituídos.....	222
Quadro 3 – Principais cultivares de cana-de-açúcar utilizadas nas regiões	23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. Materiais e Métodos	13
3. A Revisão	14
3.1. Evolução da área plantada e da produtividade	14
3.2. Materiais genéticos	22
3.3. Importância da cana-de-açúcar no cenário econômico, ambiental e social contemporâneo brasileiro	24
3.4. Geração e reutilização de resíduos	25
.....	26
3.4.1. Torta de filtro	26
3.4.2. Bagaço	29
3.4.3. Vinhaça	30
3.5. Uso de reguladores de crescimento e bioestimulantes na cultura da cana-de-açúcar	32
3.5.1. Os fitormônios	32
3.5.1.1. Auxinas	33
3.5.1.2. Giberelinas	33
3.5.1.3. Citocininas	34
3.5.1.4. Etileno	35
3.5.6. Bioestimulantes à base de substâncias húmicas e bactérias	35
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Sacharum officinarum* L.) é uma planta pertencente à família *Poaceae*, possui metabolismo C4 e alta capacidade fotossintética, tendo como principal centro de origem a Nova Guiné (CRISTOEFLETTI JUNIOR, 2012). No ano de 1493, o navegador genovês Cristóvão Colombo trouxe a planta para a América, mais especificamente para a república Dominicana. No Brasil, as primeiras mudas chegaram em 1532 trazidas da Ilha da Madeira, Portugal, na expedição de Martim Afonso de Souza, e a primeira lavoura de cana-de-açúcar foi implantada na então denominada capitania hereditária de São Vicente, no atual Estado de São Paulo (QUEDA, 1972; CESNIK, 2007). Com engenhos movidos a tração animal trazidos da Europa e mão-de-obra inicialmente indígena e portuguesa, iniciou-se a produção de açúcar no país (SCHWARTZ, 1988), quebrando a hegemonia do Oriente Médio no mercado desse produto (LE COUTEUR, 2006).

Com a necessidade de mais mão-de-obra, o cultivo da cana e a produção do açúcar estimularam o tráfico de negros escravizados do continente africano para o Brasil. Esse movimento de migração forçada alterou de maneira significativa a geografia humana do mundo. Além do trabalho forçado dos nativos e negros escravizados, havia também trabalhadores europeus especializados tanto em tarefas associadas ao cultivo da cana quanto na produção do açúcar, sendo eles responsáveis pela supervisão de tais etapas (SILVA, 2010).

O cultivo de cana-de-açúcar se espalhou rapidamente pelo litoral brasileiro, pois houve uma boa adaptação da cultura aos solos e clima predominantes ao longo da costa. Contudo, o litoral nordestino observou maiores evoluções, com resultados mais expressivos no Recôncavo Baiano e em Pernambuco (MORENO, 2011; NOCELLI et al., 2017). A produção de açúcar a partir da cana-de-açúcar resultou no

primeiro ciclo econômico do Brasil Colônia (FERLINI, 1984), transformando o país no maior exportador de açúcar do mundo (SZMRECSÁNYI, 1979; MORENO, 2011). Apesar das crises recorrentes, devido a perda da hegemonia no mercado, a cana-de-açúcar, efetivamente, só deixou de ser o principal produto agrícola brasileiro com a introdução da cafeicultura, já no século XVIII (QUEDA, 1972).

A população brasileira foi influenciada pela cadeia produtiva da cana-de-açúcar e várias comunidades se desenvolveram ao redor das áreas de produção, (MORINI et al., 2017), formando núcleos populacionais de importância econômica e cultural. Também, muitas mudanças ambientais foram observadas com o desenvolvimento da atividade canavieira, especialmente em função da substituição da vegetação nativa por grandes áreas com a monocultura da cana (MORINI et al., 2017). Além disso, a prática da queima do palhiço anteriormente à colheita, atividade realizada para aumentar a eficiência manual do corte, colaborou para a emissão atmosférica de gases e particulados que negativamente afetaram a saúde respiratória das populações circunvizinhas aos canaviais. Os proprietários de usinas também passaram a desempenhar um papel social importante, sendo responsáveis inclusive pelas decisões na vida e na dinâmica das comunidades. Os auxílios para construção de igrejas, praças e outros aparelho públicos eram as ações sociais mais praticadas por esses proprietários, que também participavam ativamente da vida política regional (RUI, 2004).

Ao final do século XIX, com o fim do trabalho escravo e o início do assalariado, houve queda na produção de cana no Nordeste brasileiro e significativa expansão no Estado de São Paulo (NOCELLI et al., 2017).

A cana-de-açúcar é caracterizada como uma planta semi-perene, com o ciclo médio de cinco anos, com colheita realizada a cada 12 ou 18 meses, em que o

primeiro corte é caracterizado por ser o que possui melhor qualidade tecnológica em relação aos outros cortes (COSTA, 2014). A cana pode ser denominada como cana-planta, em que não houve o corte, ou como cana-soca, em que ela já sofreu o corte (NovaCana, 2021).

A cana-de-açúcar é bonificada devido à quantidade de açúcares (frutose, glicose e sacarose) recuperáveis no processo industrial, chamado de Açúcar Total Recuperável (ATR) contido em cada tonelada de cana (SATOLO, 2008). O valor de ATR varia de acordo com o valor de açúcar e etanol nos mercados interno e externo, com o *mix* de produção de cana usina e pela participação dos custos de produção de açúcar e etanol (SACHS, 2007).

A produção de etanol gera dois tipos, o anidro e o hidratado, em que a diferenciação desses dois tipos só acontece no final da produção, em que o anidro é originado a partir da desidratação do hidratado, em que o anidro é usado junto à gasolina, enquanto o hidratado é disponibilizado diretamente para o consumidor nas bombas de combustíveis (COPERSUCAR, 2018).

O objetivo do trabalho visa mostrar os impactos ambientais, sociais e econômicos no Brasil, a importância do uso dos resíduos originados das usinas de produção, e a necessidade do uso de fitohormônios, reguladores de crescimento e bioestimulantes na cultura da cana-de-açúcar.

2. Materiais e Métodos

O trabalho foi feito de forma remota, com pesquisas *on-line*, consulta em livros, periódicos, trabalhos científicos, dissertações de graduação e de mestrado, teses de doutorado, levantamentos agrícolas e sites de notícias. Os sites com maiores relevâncias para as pesquisas foram o Google e o Google Acadêmico.

3. A Revisão

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, ficando na frente de Índia, Tailândia, China, Paquistão, México, Colômbia, Austrália, Indonésia e Guatemala, conforme mostra a Figura 1.

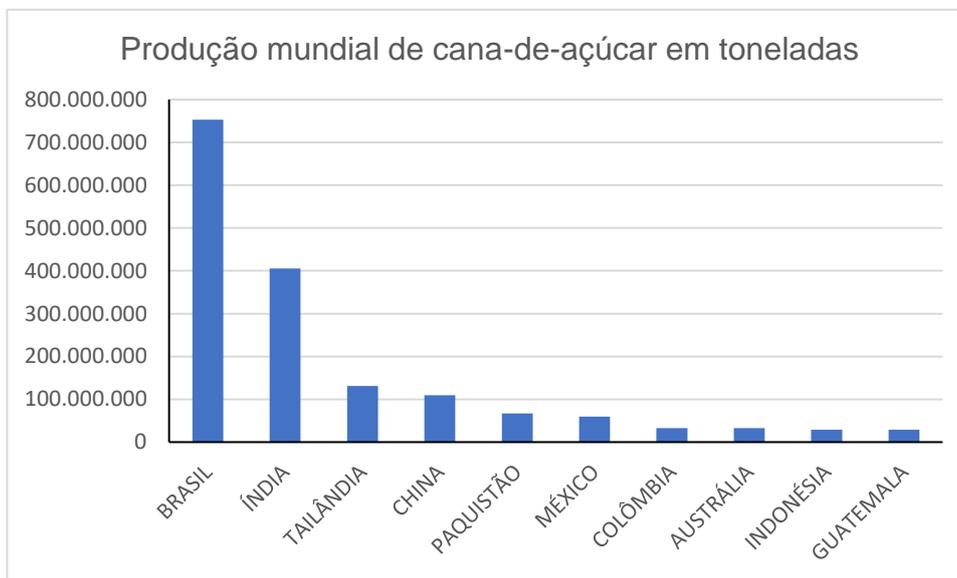


Figura 1 – Produção mundial dos dez maiores produtores de cana-de-açúcar em toneladas (Adaptado de FAO, 2019).

O maior produtor do mundo produz na ordem de 752.895.389 toneladas, o segundo maior produz 405.416.180 toneladas e o terceiro produz 131.002.173 toneladas, sendo que o Brasil produz quase o dobro em relação ao segundo, mostrando sua importância mundial (FAO, 2019).

3.1. Evolução da área plantada e da produtividade

A Figura 2 ilustra o movimento de realocação das principais regiões produtoras de cana-de-açúcar ocorrido no Brasil nas últimas décadas, que resultou em menor participação do litoral nordestino e maior concentração no interior do Estado de São Paulo.

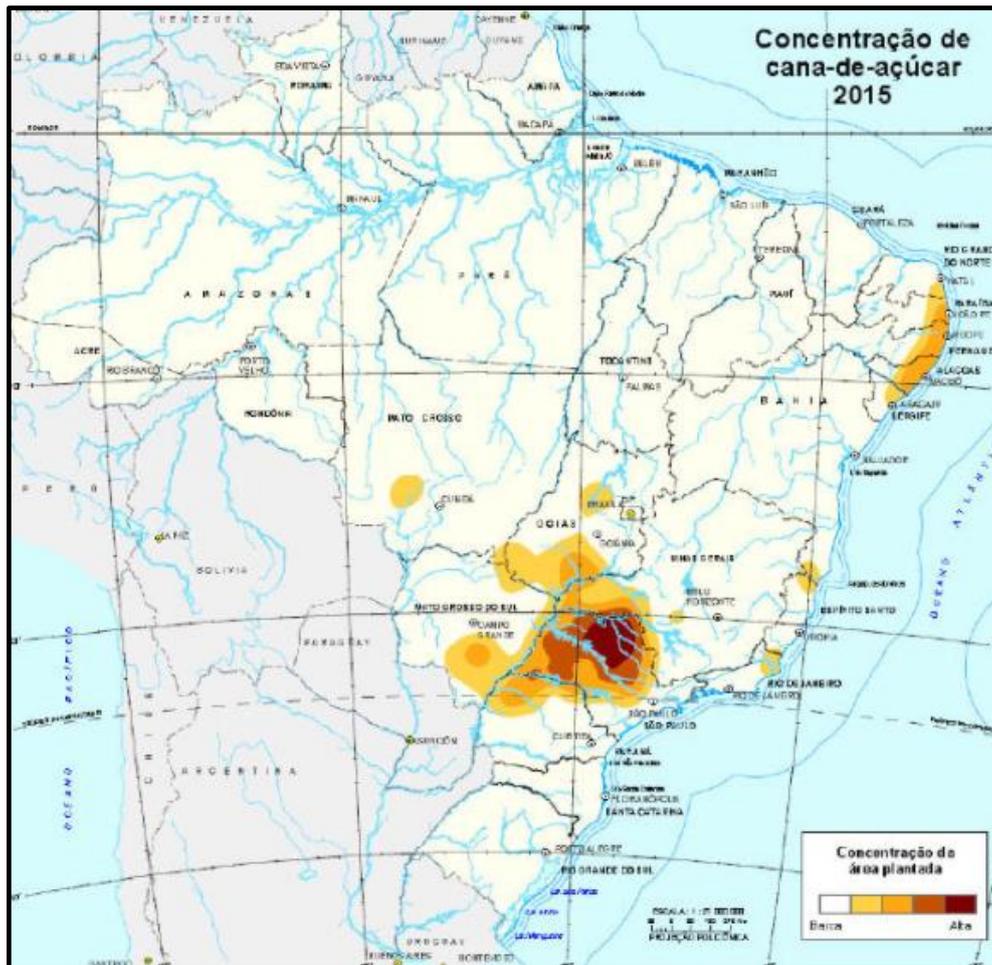


Figura 2 – Concentração das áreas plantadas no território brasileiro. (IBGE, 2017)

A Figura 2 apresenta a evolução da área de cana-de-açúcar colhida no Brasil, em função da região, no período compreendido entre 2005 e 2021. A região com maior área plantada, atualmente, é a Sudeste, com um total de 5.362,8 mil hectares, seguida pela região Centro-Oeste, com 1.827,5 mil hectares e pela região Nordeste, com 851 mil hectares. Nas regiões Sul e Norte, respectivamente, as áreas plantadas foram de, 516,6 mil e 46,5 mil hectares (CONAB, 2020). Ainda segundo a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2020), a área total de produção de cana-de-açúcar em território nacional está em 8.605 mil hectares, número 1,9% maior que a safra anterior (2019/20).

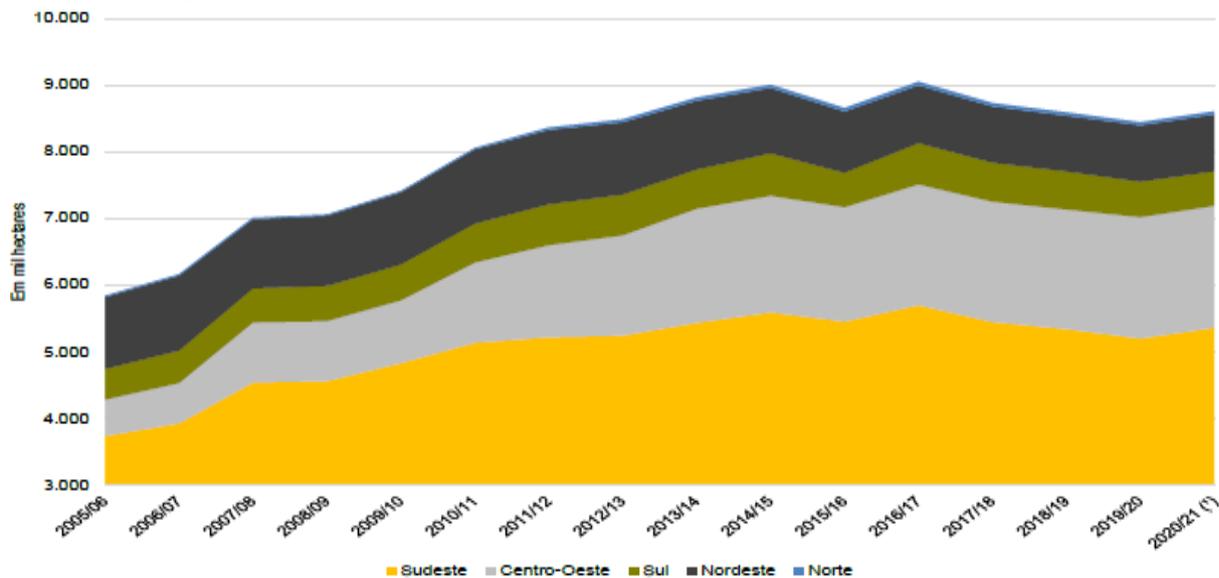


Figura 3 - Evolução da área total plantada com cana-de-açúcar no Brasil no período de 2005 a 2021 (CONAB, 2020).

O interesse pela expansão de cana no mundo foi impulsionado, além do preço do produto no mercado internacional pelo aumento do consumo anual *per capita*, que passou de 1,8 kg, em 1700, para cerca de 5,5 kg, em 1780 (LE COUTEUR, 2006). Para atender à essa demanda, no período compreendido entre os anos 1900 e 1964, a produção mundial de açúcar cresceu 700 % e muitos países desenvolvidos chegaram ao consumo anual *per capita* de 45 kg (LE COUTEUR, 2006). Esse consumo diminuiu nos últimos anos especialmente em função do desenvolvimento de adoçantes artificiais e da crescente preocupação em relação aos efeitos adversos do consumo excessivo de açúcar sobre a saúde (LE COUTEUR, 2006), já que o valor recomendado pela Organização Mundial da Saúde é de 18,2 kg por pessoa por ano (CIDAVEVERDE, 2019). No Brasil, todavia, o consumo de açúcar continua alto, entre 51 e 55 kg de açúcar por habitante a cada ano, enquanto a média mundial está em torno de 21 kg por ano (AGEITEC, 2009). Esses dados mostram o quanto que o açúcar ainda é apreciado e consumido pela população, principalmente pela brasileira.

Além do açúcar, a indústria canavieira também produz o etanol, que é um combustível alternativo aos fósseis. A tecnologia de transformar a glicose em etanol foi iniciada no país a partir do programa Proálcool, o Programa Nacional do Álcool, criado em 14 de novembro de 1975 (ANDRADE et al., 2009) que tinha com o objetivo substituir parte da demanda nacional de gasolina pelo etanol (CARVALHO et al., 2013), especialmente em função do aumento no preço mundial do barril de petróleo, ocasionando pela crise ocorrida na década de 1970 (CARVALHO et al., 2013). Esse programa trouxe várias inovações para a produção de etanol, pois houve um desenvolvimento nos estudos de melhoramento genético da cana-de-açúcar, produção de sementes adaptadas, aperfeiçoamentos nas técnicas de cultivo e evolução nas tecnologias usadas nas usinas produtoras e também na indústria automobilística (RODRIGUES; ORTIZ, 2006). A partir da implantação do Proálcool, houve uma expansão geográfica para as regiões Centro-Oeste e Sul do país (ALVEZ; LIMA, 2010). A partir do final da década de 1990, intensificou a produção de veículos *flex*, mudando a cadeia produtiva do álcool e diversificando a sua utilização, sendo assim, um estímulo para a produção da cultura de cana-de-açúcar (ARAÚJO; SANTOS, 2013).

Além do incentivo da crise mundial do petróleo, também havia a preocupação com o meio ambiente e a qualidade do ar com a queima dos combustíveis pelos automóveis (LEITE; LEAL, 2007), mostrado de forma simplificada na Figura 4. O uso do etanol como combustível apresenta-se a possibilidade de reabsorção do CO₂ emitido durante a combustão que ocorre nos motores. Além disso, a possibilidade de reuso de resíduos pela indústria é um componente importante em toda essa cadeia econômica e ambiental, conforme resumidamente demonstrado na Figura 4.

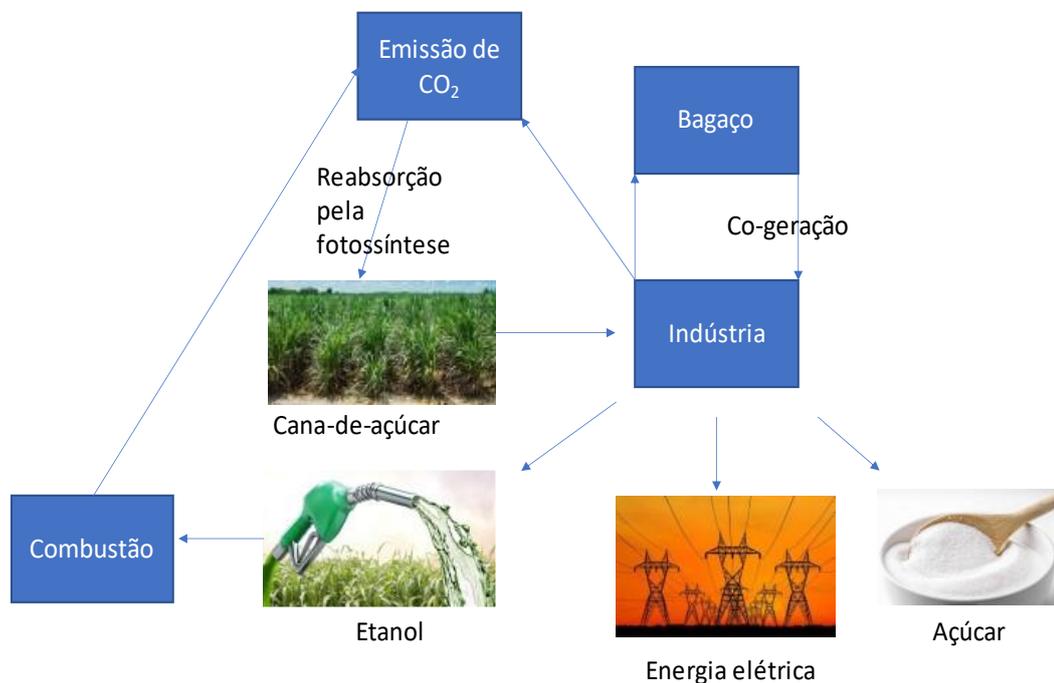


Figura 4 - Fluxograma de reabsorção de gás carbônico pela cultura da cana-de-açúcar (Adaptado de Agrosaber, 2019).

Nas últimas décadas, a atividade da indústria sucroalcooleira alcançou números ainda mais impressionantes, conforme pode ser observado no Quadro 1. A quantidade de cana-de-açúcar colhida na safra 2020/21 já supera a safra de 2019/20 em quase 20 milhões de toneladas (Quadro 1). A safra 2015/16 se destaca por ser a que bateu recorde na produção de cana das últimas duas décadas, com mais de 666 milhões de toneladas colhidas. Entretanto, a maior produção de etanol não foi a da safra recorde, mas em 2019/20, com quase 35 milhões de m³ produzidos. Já a safra com maior produção de açúcar é a 2020/21, com quase 41 milhões de toneladas.

Quadro 1 - Produção brasileira de etanol (anidro, hidratado e total), açúcar e cana-de-açúcar no período compreendido entre os anos 2000 e 2021 (Adaptado de DCAA/SPA/EMBRAPA, 2021).

Ano-safra	Etanol anidro (m ³)	Etanol hidratado (m ³)	Etanol total (m ³)	Açúcar (ton)	Cana-de-açúcar (ton)
2000/01	5.584.730	4.932.805	10.517.535	16.020.340	254.921.721
2001/02	6.479.187	4.988.608	11.467.795	18.994.363	292.329.141
2002/03	7.009.063	5.476.363	12.485.426	22.381.336	316.121.750
2003/04	8.767.898	5.872.025	14.639.923	24.944.434	357.110.883
2004/05	8.172.488	7.035.421	15.207.909	26.632.074	381.447.102
2005/06	7.663.245	8.144.939	15.808.184	26.214.391	382.482.002
2006/07	8.078.306	9.861.122	17.939.428	30.735.077	428.816.921
2007/08	8.464.520	13.981.459	22.445.979	31.297.619	495.843.192
2008/09	9.630.481	18.050.758	27.681.239	31.506.859	572.738.489
2009/10	6.937.770	18.800.905	25.738.675	33.033.479	603.056.367
2010/11	8.027.283	19.576.837	27.604.120	38.069.510	624.501.165
2011/12	8.623.614	14.112.926	22.736.540	35.970.397	560.993.790
2012/13	9.695.126	13.778.228	23.473.354	38.357.134	589.237.141
2013/14	11.825.592	16.186.692	28.012.284	37.697.512	658.697.545
2014/15	11.732.804	17.183.477	28.916.281	35.603.958	637.714.365
2015/16	11.218.030	19.274.698	30.492.728	33.508.980	666.304.044
2016/17	10.991.286	16.748.396	27.739.682	38.724.993	657.572.586
2017/18	11.087.032	16.694.520	27.781.552	37.694.232	624.380.128
2018/19	9.562.026	23.561.093	33.155.544	29.050.933	620.716.116
2019/20	10.362.634	24.561.093	34.923.727	29.434.758	631.647.326
2020/21	9.890.370	31.912.801	31.912.801	40.957.009	651.635.922

A projeção para área produzida de cana-de-açúcar na safra 2020/21 em relação à safra 2019/20 demonstra tendência de aumento de 1,9 %, enquanto a produtividade deve aumentar em 1,5 % (CONAB, 2020). Aproximadamente 65 % da produção de cana-de-açúcar são direcionados para a produção de etanol e 35 % para a produção de açúcar. Todavia, essas proporções variam grandemente em função da cotação desses produtos no mercado internacional, assim como devido à demanda.

A agropecuária participa de 21,4 % (R\$ 1,55 trilhão) do Produto Interno Bruto - PIB brasileiro, em que 68 % desse valor é resultado da agricultura, sendo que a cana de açúcar aparece como a terceira cultura mais relevante para a economia nacional (R\$ 47,43 bilhões e participação de 3,06 % no PIB) (CNA, 2021). A área plantada de cana de açúcar teve um crescimento da safra de 2005/06, de 5.840,3 mil hectares para 9.004,5 mil hectares na safra 2014/15, um crescimento de 54,17 % (Figura 1). Entre a 2015/16 para a safra 2020/21, todavia, houve uma redução de 49,798 mil hectares de área plantada (CONAB, 2020).

A produtividade da cana-de-açúcar se manteve praticamente a mesma desde a safra 2005/06 até a estimativa da safra 2020/21, (74.318 e 77.293 kg por hectares, um aumento de 3,85 %) (Figura 2). Já a produção teve um aumento significativo, passando de 431.413,4 mil toneladas na safra 2005/06 para 665.105,0 mil toneladas na safra 2020/21, o que representou aumento de 35,14 % (Figura 3) (CONAB, 2020).



Figura 5 - Estimativa de área plantada na safra 2020/21 (Adaptado de: CONAB, 2020)



Figura 6 - Estimativa de produtividade na safra 2020/21 (Adaptado de: CONAB, 2020).



Figura 7 - Estimativa de produção na safra 2020/21 (Adaptado de: CONAB, 2020).

A área de cultivo da cana aumentou de forma expressiva nos últimos anos, substituindo áreas de outros cultivos nas cinco regiões do país, como mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Áreas de expansão do cultivo de cana-de-açúcar com os produtos substituídos (Adaptado de CONAB, 2019).

Região	Milho (ha)	Soja (ha)	Café (ha)	Laranja (ha)	Pasto (ha)	Outros (ha)	Total (ha)
Norte	-	189	-	-	1965	-	2154
Nordeste	18	-	-	-	2081	1284	3383
Centro-Oeste	810	32606	-	-	47538	1108	82063
Sudeste	927	10208	301	3789	53770	39060	108055
Sul	37	807	-	50	12743	543	14179
Brasil	1792	43810	301	3839	118097	41995	209833

O Quadro 2 mostra que a maior parte de área substituída por cana-de-açúcar foi a área de pasto, no Brasil como um todo, já a segunda cultura trocada pela cultura da cana varia de acordo com região, em que a Centro-Oeste é a soja, já a Sudeste é representada por “Outros”, podendo ser levado em consideração outras culturas agrônômicas ou até mesmo vegetação nativa.

3.2. Materiais genéticos

O Quadro 2 mostra as principais cultivares de cana-de-açúcar utilizadas no Brasil na safra de 2019/20, (JornalCana, 2019). O fato de existirem muitas cultivares no mercado tem seus lados positivos e negativos, já que a diversidade pode ajudar no controle de pragas e doenças no campo, mas o produtor tem certa dificuldade de realizar a escolha ideal para o seu campo (AGEITEC, 2021a). Ainda de acordo com AGEITEC (2021a), em 1984, a variedade NA56-79 ocupava 43 % do território nacional. Atualmente, cerca de 51 % da região Centro-Sul do país utiliza as variedades RB867515; RB966928; CTC4 e RB92579. Outros 20 % empregam as cultivares

RB855156; RB855453; CTC9001; SP83-2847; RB855536; CTC15; SP80-1816 e IAC91-1099. Os demais 21 % são compostas pelas outras cultivares disponíveis no mercado (JORNALCANA, 2019).

Quadro 3 – Principais cultivares de cana-de-açúcar utilizadas nas regiões (Adaptado de JonalCana, 2019)

BA e TO	ES	GO	MT	MS	MG	PR	SP
RB867515	RB867515	RB867515	RB867515	RB867515	RB867515	RB867515	RB966928
SP83-5073	RB937570	CTC4	SP83-5073	RB966928	CTC4	RB966928	RB867515
CTC15	RB92579	RB966928	CTC4	CTC4	RB92579	CTC4	CTC4
CTC4	S980-1842	RAC91-1099	IAC91-1099	RB855156	SP80-1816	RB036088	RB92579
CTC9003	SP80-3280	RB92579	RB92579	SP83-2847	RB966928	CTC9001	RB855156
SP81-3250	RB855536	RB855453	RB855453	RB855536	CTC9001	RB835054	RB855453
RB855536	RB966928	SP81-3250	RB855584	RB92579	RB855156	RB855156	CTC9001
SP91-1049	RB925345	IACSP95-5000	RB855113	RB855453	SP80-1842	RB036066	SP83-2847
IACSP59-5094	CTC2	SP80-1816	RB855536	CTC9001	RB855453	CTC25	CTC15
RB966928	S980-18116	SP83-5073	CTC15	RB835054	CTC15	RB855453	RB855536
CV7231	RB988082	CTC15	RB9288064	SP80-1842	SP81-3250	RB92579	IACSP95-5000
RB855453	SP81-3250	IAC87-3396	RB966928	SP81-3250	CTC2	CV7870	SP80-3280

As variedades RB ocupam mais de 65 % de área no território nacional, mostrando a importância da Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (Ridesa, RB – Brasil) para o desenvolvimento de cultivares e no melhoramento genético, em que há uma importante parceria público privada entre universidades federais com as usinas dos seus respectivos Estados, onde o maior investimento é de origem privada (RIDESA, 2021).

3.3. Importância da cana-de-açúcar no cenário econômico, ambiental e social contemporâneo brasileiro

A atividade canavieira influencia questões ambientais, sociais e econômicas, já que ela está associada a diversos grupos de produtores, desde pequenos até os grandes proprietários, gerando resíduos, matérias-primas para a produção agroindustrial de etanol, açúcar, melação e cachaça, postos de trabalho, entre outros (WANDERLEY FILHO, 2011). No ano de 2020, o setor canavieiro empregou mais de 12.219 pessoas, sendo a terceira atividade agrícola que mais gerou postos de trabalho naquele ano, sendo superado apenas pela atividade cafeeira e outras atividades de apoio à agricultura, com 17.741 e 17.227 empregos gerados, respectivamente (VITAL, 2020).

A cana-de-açúcar tem um papel importante no meio ambiente, já que sua grande quantidade de matéria verde faz com que sua eficácia de absorção de luz solar e CO₂ do ambiente seja efetiva em comparação à outras culturas (URQUIAGA et al., 1991). Urquiaga et al. (1991) também relatam que o cultivo da cana-de-açúcar sequestra mais CO₂ da atmosfera do que emite com a queima do combustível gerado por ela, e que há um contraste com os combustíveis fósseis, que são um dos principais causadores dos efeitos estufas. Tradicionalmente, o cultivo manual da cana exigia, conforme já mencionado, uso do fogo para a queima da palha (ARAÚJO et al., 2004). Porém, nas décadas de 1950 e 1960, houve grande avanço no setor sucroalcooleiro, estimulando práticas culturais para facilitar o manejo e reduzir a mão-de-obra, especialmente em função da mecanização (RESENDE et al., 2006). Os principais fatores que levaram à mecanização da cana no Estado de São Paulo foram os problemas causados pelo fogo sobre o meio ambiente, a impopularidade da prática e

as recorrentes ações judiciais contra a prática nas regiões produtoras (SZMRECSÁNYI, 1994).

A introdução da tecnologia de corte da cana-de-açúcar com as colhedoras mecânicas reduziu a emissão de poluentes atmosféricos, mas levou à diminuição dos postos de trabalho, pois cada colhedora fazia o trabalho de 80 cortadores, aproximadamente (MORENO, 2011). Segundo esse autor, a equipe formada pelos cortadores que mantiveram seus postos de trabalho, mesmo com a colheita mecanizada, passou a ter duas tarefas distintas: durante o período da safra, trabalham operando as máquinas e a infraestrutura necessária para o funcionamento da colhedora; na entressafra, desempenham funções diversas como o manejo do canavial e auxílio na manutenção industrial.

3.4. Geração e reutilização de resíduos

A atividade sucroalcooleira também apresenta como característica a geração de grande quantidade de resíduos, sendo os principais o bagaço, a torta de filtro e a vinhaça (CHRISTOFOLETTI et al., 2017). A reutilização desses resíduos é importante para a lucratividade da atividade (CORTEZ et al., 1992) por permitir a redução do uso de fertilizantes e a geração de energia (térmica e elétrica) nas usinas. Porém, se empregados diretamente sobre o solo com finalidade de fertilização, sem prévio tratamento, modelagem de doses e monitoramento, alguns desses resíduos podem levar à prejuízos ambientais em função de características indesejáveis desses materiais, tais como pH ácido, alta concentração de sais e elevada demanda bioquímica de oxigênio (CHRISTOFOLETTI et al., 2017). Assim, manejos adequados dos resíduos devem ser considerados anteriormente à sua reutilização no solo. Na

Figura 4, são apresentados alguns aspectos associados à obtenção de resíduos pela indústria sucroalcooleira.

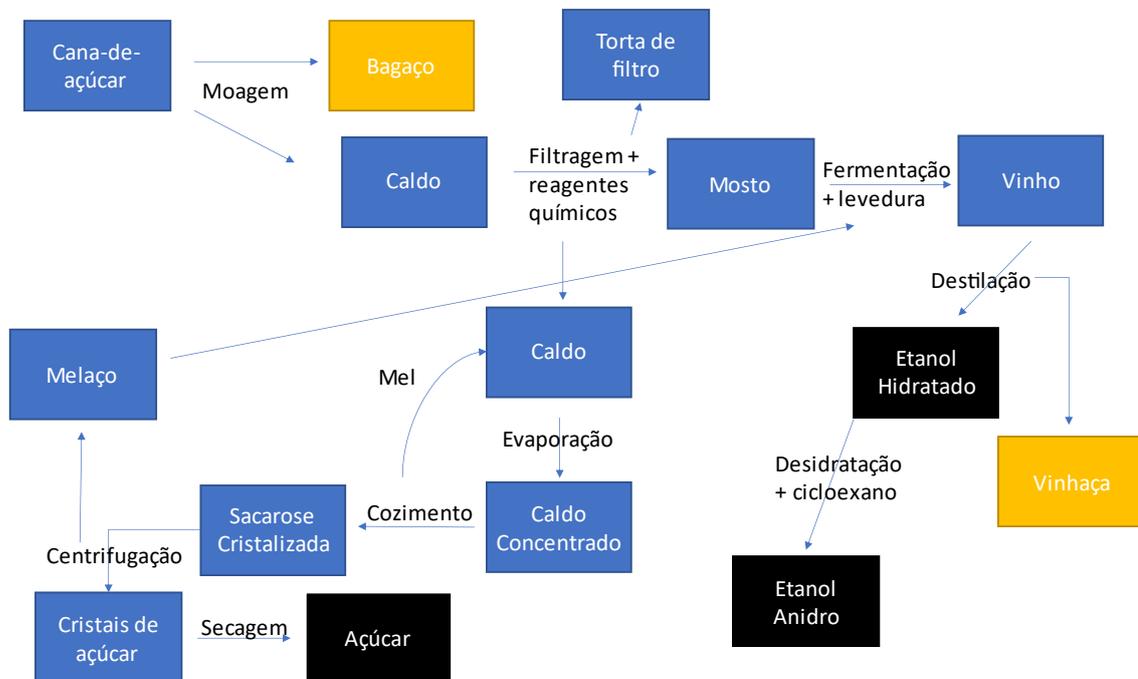


Figura 8 - Fluxograma da cadeia industrial da cana-de-açúcar e seus principais produtos e subprodutos (Adaptado de PEREIRA et al., 2019).

3.4.1. Torta de filtro

A torta de filtro é o resíduo da filtração mecânica do caldo obtido em moenda especialmente para a fabricação do açúcar, sendo originada da mistura do lodo de decantação (subproduto da clarificação do açúcar) com o bagaço moído, (SANTIAGO; ROSSETTO 2005; ALVARENGA; QUEIROZ, 2008). A quantidade produzida de torta de filtro é de aproximadamente 20 a 40 kg para cada tonelada de cana-de-açúcar processada e sua aplicação é no sulco de plantio (AGEITEC, 2021b).

Em média, a torta de filtro apresenta-se como importante fonte de matéria orgânica e fósforo, além de possuir umidade de até 70 %. No caso do fósforo, por exemplo, a concentração na torta de filtro está entre 1,2 % a 1,8 %, sendo que 50 % são imediatamente disponíveis para a planta (ALMEIDA JUNIOR et al., 2011; SANTIAGO; ROSSETTO, 2005). Os outros 50 % de fósforo são liberados de forma lenta devido ao processo de mineralização, de forma semelhante ao que ocorre para o nitrogênio e enxofre (SANTOS et al., 2011). Além desse nutriente, a torta é rica em potássio, magnésio, cálcio e substâncias húmicas (DURUOHA et al., 2001; BUSATO, 2008; SANTOS et al., 2011).

Além de melhorias nas características químicas, a utilização desse resíduo nas áreas de cultivo beneficia a biologia e a física do solo, já que trata-se de um resíduo rico em matéria orgânica (SANTANA et al., 2012; SCHMIDT FILHO et al., 2016). Vazquez et al. (2015) explicaram que grande parte desse resíduo é usado como fertilizante biológico nas áreas de produção de cana-de-açúcar, diminuindo a utilização de fertilizantes químicos nas lavouras. González et al. (2014) observaram que a aplicação da torta de filtro aumenta os teores de fósforo, potássio e cobre na parte aérea das plantas de cana-de-açúcar.

Schmidt Filho et al. (2016) também relataram que quando a torta de filtro é aplicada corretamente ao solo, não gera impactos negativos e Moreira (2018) reportou que organominerais peletizados com torta de filtro não acidificaram o solo. Esse autor também observou que o bio sólido obtido à base de lodo de esgoto e torta de filtro possui efeito tamponante no solo, mantendo a estabilidade do pH. Silva et al. (2020) demonstraram que a aplicação da torta de filtro aumentou o teor de sólidos solúveis (°Brix), enquanto a adição da torta enriquecida com gesso e fosfato aumentou o índice de maturação da cana-de-açúcar.

Em geral, a quantidade de torta de filtro aplicada nos solos está na ordem de 80 a 100 toneladas por hectare. (CORTEZ et al., 1992; SANTIAGO; ROSSETTO 2005). Todavia, benefícios para o solo são reportados com quantidades menores. Por exemplo, Sanches et al. (2019) demonstraram, que a adição de 20 toneladas por hectare foi suficiente para manter a produtividade da cana de segundo corte (cana soca), tendo sido essa a única fonte de nitrogênio. Santos et al. (2011) avaliaram a associação da torta de filtro enriquecida com fósforo, e concluíram que a melhor recomendação para a aplicação foi a dose de 2,6 e 2,7 toneladas por hectare associada com 160 e 190 kg por hectare de P_2O_5 .

A adição de torta de filtro em um Argissolo resultou em maior população de bactérias totais, teor de fósforo no solo e na parte aérea das plantas (CAIONE et al., 2018). Já a aplicação da torta de filtro em um Espodosolo aumentou os indicadores de fertilidade pelo fornecimento de nutrientes vegetais, pela redução dos teores de alumínio (ALMEIDA JUNIOR et al., 2011). Almeida Junior et al. (2011) também recomendaram o uso da torta de filtro em conjunto com os fertilizantes minerais já usualmente empregados na cultura, com objetivo de maximizar a produtividade e reduzir os custos de produção.

A aplicação de torta de filtro, em um Latossolo cultivado com cana, aumentou a produtividade e os níveis de fósforo disponível por dois anos consecutivos (SOLTANGHEISI et al., 2019). Esses mesmos autores demonstraram que a eficiência da torta de filtro pode ser melhorada quando esta é enriquecida com superfosfato triplo.

3.4.2. Bagaço

O bagaço da cana-de-açúcar obtido nas usinas é comumente usado para a geração de energia elétrica, contudo, o uso desse resíduo para esse propósito compete diretamente com a produção de etanol de segunda geração, realizada a partir do bagaço em conjunto com a palha da cana-de-açúcar (NUNES et al., 2013; MALUF, 2014). O bagaço da cana-de-açúcar também pode ser utilizado para a alimentação de gado e como isolante térmico devido à presença de fibras lignocelulósicas no material (TEIXEIRA et al., 2007; CENDON et al., 2016). O bagaço não é comumente empregado como fertilizantes em áreas agrícolas, devido ao seu alto teor de fibras, em torno de 46 %, constituído por hemicelulose, celulose e lignina, sendo de difícil degradação pelo solo (OLIVEIRA et al., 2011), a não ser para a formação e *mulching* em algumas situações, e sua produção ocorre na ordem de 280 kg para cada tonelada de cana processada (AGEITEC, 2021b).

Grande parte do bagaço obtido é aproveitado pelas próprias usinas sucroalcooleiras para a geração de energia elétrica e aquecimento das caldeiras (SILVA et al., 2007). Mas além da produção de energia elétrica, etanol de segunda geração, alimentação animal e como material para isolante térmico, o bagaço também pode ser reutilizado para a fabricação de papelão, papel e aglomerados, de materiais destinados à indústria civil e também na produção de biomassa microbiana (SILVA et al., 2007). Há estudos que mostram que o bagaço da cana-de-açúcar também pode atuar como adsorventes de contaminante orgânicos (SANTOS, 2005; SILVA et al., 2007).

Freitas (2019) cita que há um elevado potencial para o uso do bagaço para produção de etanol, mas que o rendimento deste material para este fim varia de acordo com o pré-tratamento escolhido. Todavia, independente disso, o uso do

bagaço para a produção do etanol de segunda geração pode ser importante devido à possibilidade de redução de uso de outros produtos agrícolas (milho, por exemplo) com esse propósito (MORAIS et al., 2017).

3.4.3. Vinhaça

A vinhaça é um dos principais resíduos das destilarias de produção de etanol e tem uma alta produção. Para cada litro de etanol produzido, são gerados entre 10 e 14 litros de vinhaça (GRANATO; SILVA, 2002; CHRISTOFOLETTI et al., 2013) e para cada litro de cachaça produzido, são gerados entre 8 e 10 litros de vinhaça (OLIVEIRA et al., 2009). Além de ser usada na fertirrigação, a vinhaça pode ser utilizada na produção de leveduras e energia (CHRISTOFOLETTI et al., 2017). A aplicação da vinhaça *in natura* pode substituir a adubação mineral em 55 % do nitrogênio, 72 % do P_2O_5 e 100 % do K_2O (GÓMEZ; RODRÍGUEZ, 2000). De acordo com esses autores, os melhores resultados com a aplicação desse material no solo foram obtidos com a adição de 50 m³ por hectare. Contudo, os resultados observados na literatura podem variar grandemente em função de fatores associados ao tipo de solo, forma de aplicação da vinhaça, entre outros. Nesse sentido, Paulino et al. (2002) observaram que as melhores respostas em cana-planta foram obtidas entre 300 e 450 m³ por hectare e Medina et al. (2002) demonstraram que a melhor dose para enraizamento e maior produtividade dos colmos foi a de 300 m³ por hectare.

A vinhaça também pode alterar as características químicas do solo, elevando o seu pH, aumentando a disponibilidade de nutrientes, a capacidade de trocas catiônicas e o teor de carbono orgânico no solo (GLÓRIA; ORLANDO FILHO, 1983; ZOLIN et al., 2011). Além das características químicas, a vinhaça pode alterar as características físicas do solo, como a estabilidade de agregados, dispersão de argila

e a densidade do solo (SILVA, 2006; CAMILOTTI et al., 2006; BEBÉ et al., 2009). A aplicação de vinhaça alterou, de forma positiva, a densidade, a capacidade de trocas catiônicas e a porosidade total do solo em Latossolo Vermelho distrófico e em um Argissolo Vermelho distrófico (ZOLIN et al., 2011), e Silva; Ribeiro (1998) demonstraram que a adição de vinhaça em um Latossolo Amarelo resultou em elevação do pH, fósforo disponível, carbono orgânico e redução da saturação por alumínio.

Com as aplicações de constantes dos resíduos da indústria sucroalcooleira, houve preocupação com a deposição de metais pesados nos solos de cultivo. Ramalho; Amaral Sobrinho (2001) analisaram dois tipos de solo, um Cambissolo e um Gley pouco húmico e concluíram que, mesmo com o uso intenso da vinhaça por mais de 20 anos, há baixo risco de contaminação pelo seu uso, sem alteração significativa dos níveis de metais pesados. Seguindo esse pensamento, Brito et al. (2007) buscaram entender como a vinhaça age na condução de cátion para o lençol freático em diferentes solos. Os autores concluíram que solos com elevada capacidade de troca de cátions (Nitossolo, Argissolo e Espodosolo), a adição de vinhaça tem baixo risco de contaminação dos lençóis freáticos.

Vale ressaltar, contudo, que deve-se atentar para o uso indiscriminado desse resíduo, pois a vinhaça possui característica corrosiva, o que é particularmente importante para os equipamentos agrícolas, além de possuir elevados valores de matéria orgânica, o que resulta em grande requerimento de oxigênio para sua degradação (VITTI, 2019).

3.5. Uso de reguladores de crescimento e bioestimulantes na cultura da cana-de-açúcar

Ao decorrer dos anos, as pesquisas têm objetivado aumentar a produtividade da cultura da cana-de-açúcar e para isto, o uso de reguladores de crescimento vegetal tem se destacado como uma estratégia importante (LEONEZI, 2016). Um dos objetivos dos reguladores de crescimento na cultura da cana-de-açúcar é a inibição do florescimento, que leva à diminuição da produtividade e à redução dos teores de sacarose no colmo. Bioestimulantes estão associados às tentativas de positivamente favorecer o enfrentamento de estresses bióticos e abióticos, o estímulo ao enraizamento e brotação. Fitohormônios, substâncias húmicas e microrganismos benéficos estão entre os principais reguladores e bioestimulantes de crescimento empregados e estudados para a cana-de-açúcar no Brasil.

3.5.1. Os fitormônios

Os fitormônios são substâncias orgânicas responsáveis pelo papel de regulação de crescimento (RAVEN et al., 2012). São produzidas em baixas concentrações pelas plantas, sendo usualmente translocadas do local de produção para outros, visando atender determinadas demandas do vegetal (BIASI, 2002).

O uso de forma exógena dos hormônios vegetais tem demonstrado um aumento da produtividade em algumas culturas como citros, feijão, milho, soja e algodão em decorrência da promoção de um melhor desenvolvimento das plantas (CASTRO et al., 1998; ALLEONI et al., 2009). Esses hormônios não atuam de forma isolada, mas sim com a influência de outros hormônios ou influenciando eles, de forma antagônica ou não, resultando em um balanço hormonal (DAVIES, 1995).

3.5.1.1. Auxinas

A principal auxina das plantas é o ácido 3-indolacético (AIA), sendo o triptofano o precursor e os locais de sua síntese primária são os primórdios foliares, folhas jovens e sementes em desenvolvimento (COSTA, 2010). Seus principais efeitos são o alongamento celular, divisão celular, estimulação na diferenciação do xilema e floema, formação de raízes, influência no fototropismo e no geotropismo, dominância apical, inibição da senescência foliar, inibição ou promoção da abscisão de folhas e frutos, retardo no amadurecimento dos frutos e promoção de florescimento (MELO, 2002). De acordo com Barros et al. (2015), o uso do produto comercial Stimulate®, do qual contém 50 mg L⁻¹ de auxinas, resultou em aumento do índice de clorofila, no crescimento das plantas e projeções de melhores desenvolvimentos no ciclo da cana-de-açúcar. Mesmo com resultados promissores do uso dos fitormônios, deve-se tomar cuidado com a dosagem e a fonte de auxina a ser aplicada. Verri et al. (1983) demonstraram que o uso da auxina na forma de ácido indolbutírico na concentração de 10 ppm favoreceu o enraizamento e a emergência das canas-de-açúcar, porém o uso de ácido indolilacético em 10, 25, 50 e 100 ppm não influenciou a emergência, o enraizamento e o peso da parte aérea da planta. Ainda observou-se que a adição de ácido naftalenacético na concentração de 100 ppm resultou na redução da porcentagem da emergência e peso da parte aérea da cana-de-açúcar.

3.5.1.2. Giberelinas

As giberelinas foram inicialmente isoladas no fungo *Gibberella fujikuroi*, em que ocorrem em grandes quantidades no metabolismo secundário (SPONSEL, 1995). Elas são diterpenos cíclicos, em que muitas modificações podem ser feitas, em sua estrutura química, resultando numa grande quantidade de giberelinas conhecidas

(MELO, 2002). O seu transporte é feito via xilema e floema e seus principais efeitos são o estímulo ao crescimento do caule, a indução de germinação de semente e da produção de enzimas durante a germinação (MELO, 2002). O seu uso na cana-de-açúcar é realizado desde 1956, de forma experimental, para aumento de produção de sacarose (SIEMER, 1969). Simão et al. (2019) demonstraram que o uso de giberelina na concentração de 50 mg L⁻¹ aumentou tanto a altura da planta quanto o diâmetro do caule. Malvestitti Neto (2018) obteve resultados com o produto comercial Stimulate®, que possui 0,005% de giberelina em sua composição, e demonstrou que a aplicação do produto no sulco de plantio teve o melhor desempenho de toneladas de cana por hectare e de toneladas de açúcar por hectare.

3.5.1.3. Citocininas

As citocininas são derivadas da base púrica adenina e sua descoberta foi em um estudo de cultura de tecidos de fumo (*Nicotiana tabacum*) por Folke Skoog et al. (MELO, 2002) O seu transporte é feito pelo xilema para os caules, em que a seiva xilemática vinda das raízes é rica em citocinina (MELO, 2002). A maior quantidade é encontrada em órgãos com alta taxa de divisão celular, como em folhas jovens, sementes em desenvolvimento e frutos (COSTA, 2010). Apesar disso, o principal local de produção da citocinina é no meristema apical das raízes e quando chega na região de atuação, fica praticamente imóvel (CASTRO; VIEIRA, 2001; TAIZ; ZEIGER, 2009). Seus principais efeitos são a divisão celular, a morfogênese, a quebra de dominância apical, o crescimento de brotos laterais, a expansão foliar, o retardo na senescência foliar, abertura dos estômatos e desenvolvimento dos cloroplastos (aumento da quantidade de clorofila) (MELO, 2002). Segundo Santos et al. (2020), a aplicação de citocinina na dose recomendada do produto aumentou o açúcar recuperável na

cultivar de cana CTC 2. Ferreira et al. (2013) observaram que o uso de produto sobre os rebolos durante o plantio, com a cinetina à $0,09 \text{ g dm}^{-3}$, aumentou os diâmetros dos colmos, e conseqüentemente, aumentou a produtividade

3.5.1.4. Etileno

O etileno é um gás, hidrocarboneto simples, insaturado, sendo produzido a partir do aminoácido metionina (MELO, 2002). Ele se move por difusão a partir do seu sítio de síntese e seus principais efeitos são a quebra de dormência de gemas e sementes, epinastia (curvatura da folha pra baixo devido ao crescimento desigual), floração (em algumas espécies), abscisão de folhas e frutos e amadurecimento de frutos (MELO, 2002). O etileno é usado para controle do florescimento da cana-de-açúcar, por meio do etefon, em que o seu uso aumenta os índices tecnológicos da cana-de-açúcar e diminui a isoporização dela (LEONEZI et al., 2016). A aplicação do etefon com dose de 480 g de ingrediente ativo por hectare após nove meses ao primeiro corte aumentou a produtividade dos colmos e de açúcar na cana-soca (SILVA et al., 2007). O uso do etefon resultou em baixo índice de florescimento da cana-de-açúcar e aumento da qualidade dos colmos nas variedades SP70-1143, IAC 52-150 e NA 56-79 (TAVARES, 1997). Guidi (1996) também observou que a variedade SP70-1143 aumentou a sua qualidade tecnológica com a adição de 2,0 litro por hectare de etefon.

3.5.6. Bioestimulantes à base de substâncias húmicas e bactérias

Os bioestimulantes são quaisquer substâncias ou microrganismos aplicados as plantas com o objetivo de aumentar a eficiência nutritiva, tolerância aos estresses abióticos e/ou a qualidade do tratamento da plantação, independente do conteúdo

nutritivo (DU JARDIN, 2015). São substâncias orgânicas complexas modificadoras do crescimento capazes de atuar em fatores de transcrição da planta e na expressão gênica, em proteína de membrana alterando o transporte iônico e em enzimas metabólicas capazes de afetar o metabolismo secundário, de modo a modificar a nutrição mineral, produzir precursores de hormônios vegetais, levando a síntese hormonal e a resposta das plantas a nutrientes e hormônios (DIAS, 2014).

As substâncias húmicas podem ser obtidas pela vermicompostagem, em que ocorre a partir da ação de microrganismos e minhocas em resíduos orgânicos, em que o produto final do processo é rico em ácidos húmicos, sendo estes amplamente estudados como bioestimulantes vegetais, com enfoque especial no desenvolvimento das raízes (CANELLAS et al., 2002; AGUIAR, 2015). Civiero et al. (2014) demonstraram que as substâncias húmicas (900 mg L⁻¹), aumentaram o comprimento radicular, a área superficial da raiz, a massa seca da parte aérea e do sistema radicular em minirrebolos submergidos de cana-de-açúcar.

Há também bioestimulantes à base de bactérias, sendo um exemplo as bactérias diazotróficas endofíticas, nas quais são consideradas as melhores bactérias para inoculação em plantas não leguminosas, em que elas são as melhores promotoras do crescimento vegetal (OLIVARES, 2009). Elas promovem a fixação biológica de nitrogênio, a produção de substâncias semelhantes aos fitormônios, a solubilização de nutrientes e também trabalham no controle biológico (OWEN et al., 2009). As bactérias endofíticas auxiliam na interação da planta com o meio ambiente, além de beneficiarem o crescimento da planta, de forma indireta, produzindo metabólitos secundários, que impedem o crescimento de organismos fitopatógenos, pois possui propriedades inseticidas e antibióticas (SILVA, 2021).

Devido a carência de estudos com o uso de substâncias húmicas e inoculações de bactérias na cultura da cana-de-açúcar, é interessante ressaltar o seu uso em outras culturas, para estimular futuros estudos na planta da cana, mesmo que alguns trabalhos já mostram que o uso de substâncias húmicas e bactérias aumentem a qualidade tecnológica e a produção de cana.

A aplicação de ácidos húmicos demonstrou resultados positivos em várias culturas, entre elas o abacaxi, com destaque para dose de 40 mg L⁻¹, que aumentou o crescimento da parte aérea, do sistema radicular, do conteúdo dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg na planta, aumento da relação de clorofila *a/b*, e também a aplicação pode levar a melhor adaptação e redução do período de aclimação das plântulas da cultura (BALDOTTO et al., 2009). Baldotto et al. (2010) mostraram em outro trabalho que as bactérias diazotróficas endofíticas e epifíticas aumentaram as características de crescimento e nutricionais do abacaxizeiro cultivar 'Vitória' durante a aclimação da cultura, e com isso, o crescimento do abacaxizeiro pode ser atribuído à fixação biológica de nitrogênio promovida pelas bactérias, pois uma estirpe incrementou em 193 % o teor de nitrogênio na folha.

Entre as doses de ácidos húmicos estudados por Silva et al. (2011), a com melhor eficiência foi a concentração de 160 mg L⁻¹, apresentando maior bioatividade e o máximo de indução de raízes laterais cultura do tomate. Com isso, os ácidos húmicos foram a parte humifica que teve maior capacidade de indução de raízes laterais no tomateiro (SILVA et al., 2011).

Conceição et al. (2009) cita que a associação de ácidos húmicos com bactérias inoculantes não interferiu no crescimento da população em sementes de milho. Em outro trabalho de Conceição et al. (2008), a associação de ácidos húmicos e bactérias diazotróficas endofíticas estimularam o desenvolvimento vegetal da plântula de milho.

Façonha et al. (2002) realizaram estudos com as sementes de café e milho em meio de cultura mínimo suplementado com ácidos húmicos e obtiveram, com melhor dose, a concentração de 40 mg L⁻¹, para desenvolvimento do sistema radicular das plântulas. Sala et al. (2005) obtiveram como resultado, o aumento do teor de N e o crescimento em plantas de trigo inoculadas com bactérias diazotróficas endofíticas. Sala et al. (2008) também estudaram a interação da adubação nitrogenada com a inoculação das bactérias e obtiveram o resultado que o uso de 120 kg por hectare de nitrogênio associada com a inoculação aumentou a produtividade de grãos de trigo. No arroz sequeiro crescido em campo estudado por Guimarães et al. (2003), houve um aumento de 50% na produção de grãos na variedade 'Guarani', inoculado com a estirpe ZAE94 da *Herbaspirillum seropedicae*. Kuss et al. (2007) observaram que a bactéria estirpe UFSM-BD-31-06 obtido da raiz de arroz irrigado cultivar BR-IRGA-410 foi o maior produtor de ácido indolacético.

Marques-Júnior et al. (2008) trabalharam com o uso combinado de substâncias húmicas e bactérias promotoras do crescimento vegetal em microtoletes de cana-de-açúcar tratados termicamente para controle do raquitismo. Essa prática resulta na eliminação de grande parte dos microrganismos, devido as altas temperaturas aplicadas nos microtoletes. A co-inoculação, em concentrações de 20 mg L⁻¹ de C em forma de ácidos húmicos e 10⁸ mL⁻¹ da bactéria *Herbaspirillum seropedicae* estirpe HRC 54, nos microtoletes de cana resultou em incrementos da área foliar em 250% e, aproximadamente, em 100% no comprimento radicular (MARQUES-JÚNIOR et al., 2008). Em outro trabalho, Marques-Júnior (2010) utilizou essa combinação em plântulas de cana-de-açúcar originadas de cultura de tecidos, em que os resultados em campo mostram que se teve um aumento em torno de 30% na produção de cana-de-açúcar.

Lazzarini (2014) observou que a aplicação, no substrato, de 27,6 mg dm⁻³ de substâncias húmicas extraídas da turfa aumentou o desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar, seu comprimento e área superficial. O autor cita que para melhor desenvolvimento da altura, diâmetro dos colmos e área foliar, a melhor dose foi de 41,4 mg dm⁻³. Já Leite (2015) usou a combinação de substâncias húmicas extraídas de turfa com ureia, com aplicação foliar, e verificou que para melhor qualidade tecnológica da cana-de-açúcar foi obtida com a combinação de 25 kg por hectare de ureia com 100 L por hectare de substâncias húmicas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo da cana-de-açúcar sempre influenciou a economia, o ambiente e as relações sociais Brasil. Ao longo dos anos, o manejo da lavoura canavieira tem sofrido modificações visando aumento de produtividade e, também, garantir menores impactos aos compartimentos ambientais. A colheita sem o uso de fogo e o reaproveitamento de resíduos obtidos durante a produção de açúcar e etanol estão incluídos nesse rol de modificações. A existência de várias cultivares disponíveis auxilia na seleção daquelas mais apropriadas para cada região, levando-se em consideração a relação com o clima local, a resistências a pragas, doenças e as condições de floração, porém pode ser uma decisão complexa para o produtor, visto que alguns podem não ter o conhecimento necessário para a melhor escolha e como alternativa à esse problema, a necessidade de um engenheiro agrônomo para a escolha pode ser a melhor opção para os produtores de cana-de-açúcar.

O uso de fitohormônios, substâncias húmicas e bactérias promotoras do desenvolvimento vegetal está associado a novas perspectivas de desenvolvimento de insumos de ordem renovável, atóxicos e eficientes como estimulantes do crescimento ou indutor de características desejáveis para a cultura da cana. Todavia, a relação de quase cinco séculos com esta cultura agrícola ainda apresentará novas demandas, que impulsionarão o desenvolvimento de novas pesquisas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Embrapa De Informação Tecnológica – AGEITEC (2009) Açúcar. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em 14 de março de 2021.

Agência Embrapa de Informação Tecnológica – AGEITEC (2021a). Variedades Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 16 de março de 2021.

Agência Embrapa de Informação Tecnológica – AGEITEC (2021b). Árvore do conhecimento Cana-de-açúcar, 2021. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br.>>. Acesso em: 1º de maio de 2021.

Agrosaber (2019) – Etanol é arma brasileira contra o aquecimento global. Disponível em: <<https://agrosaber.com.br/etanol-arma-brasileira-contra-aquecimento-global/>>. Acesso em 17 de maio de 2021.

AGUIAR, N. O. **Perfil metabólico de cana-de-açúcar tratada com bioinoculante à base de substâncias húmicas e bactérias diazotróficas endofíticas**. Campo dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense. 2015. 134p. Tese Doutorado.

ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*). **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v. 6, p. 23-35, 2009.

ALMEIDA JUNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOBRAL, M. F.; SILVA, F. B. V.; GOMES, W. A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 10, p. 1004-1013, 2011.

ALVARENGA, R. P.; QUEIROZ, T. R. **Caracterização dos aspectos e impactos econômicos, sociais e ambientais do setor sucroalcooleiro paulista**. In: XLVI

CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008. Anais... Rio Branco, 2008. p. 21.

ALVES, J. S.; LIMA, R. C. **Integração espacial dos mercados de etanol no Brasil**: ANDRADE, E. T.; CARVALHO, S. R. G.; SOUZA, L. F. Programa Do Álcool E Do Etanol No Brasil. **Engevista**. v. 11, n. 2, p. 127-136, 2009.

ARAÚJO, E. S.; SANTOS, J. A. P. O desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar no Brasil e sua relevância na economia nacional. **FACIDER-Revista Científica**, v. 4, n. 4, 16p. 2013.

ARAÚJO, M. S.; LUCIA, T. M. C. D.; VIEGA, C. D.; NASCIMENTO, I. C. Efeito da queima da palha de cana-de-açúcar sobre comunidade de formicídeos. **Ecologia Austral**, v. 14, n. 2, p. 191-200, 2004.

BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A.; GIRO, V. B.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; BRESSAN-SMITH, R. Desempenho do abacaxizeiro 'Vitória' em resposta à aplicação de ácidos húmicos durante a aclimação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 33, p. 979-990, 2009.

BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A.; OLIVARES, F. L.; VIANA, A. P.; BRESSAN-SMITH, R. Seleção de bactérias promotoras de crescimento no abacaxizeiro cultivar Vitória durante a aclimação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 34, p. 349-360, 2010.

Banco do Nordeste, v. 1., p. 1-23.

BARROS, E.; SIMOES, W.; LOPES, I.; do NASCIMENTO, F. M. F.; SANTOS, I.; NERY, F. Bioestimulante e o cultivo da cana de açúcar em condições Semiáridas. In **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: Congresso nacional de irrigação e drenagem, 25., 2015, São Cristóvão Agricultura irrigada no

Semiárido brasileiro: Anais... São Cristóvão: ABID: Universidade Federal de Sergipe, 2015. p. 1206-1214.

BEBÉ, F. V.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, G. B.; OLIVEIRA, V. S. Avaliação de solo sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.781-787, 2009.

BIASI, L. A. Reguladores de crescimento vegetal. In: WACHOWICZ, C. M.; CARVALHO, R. I, N. (Org.). **Fisiologia Vegetal: Produção e Pós-colheita**. Curitiba: Editora Champagnat, p.63-94, 2002.

BRITO, F. L.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R. Concentração de cátions presentes no lixiviado de solos tratados com vinhaça. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 773–781, 2007.

BUSATO, J. G. **Química do húmus e fertilidade do solo após adição de adubos orgânicos**, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2008. 135p. Tese de doutorado.

CAIONE, G., GONZÁLEZ, L. C., PRADO, R. M., HERNÁNDEZ, A. R., MODA, L. R., SELVA, E. P.; NAHAS, E. Adubação fosfatada com torta de filtro, fosfato natural e biofertilizantes em ultisol (argissolo). **Ciencia del Suelo**, v. 36, n. 1, p. 110-116. 2018.

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; MARQUES, M. O.; SILVA, A. R.; TASSO JÚNIOR, L. C.; NOBILE, F. O. Atributos físicos de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar após aplicações de lodo de esgoto e vinhaça. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 738-747, 2006.

CANELLAS L. P., OLIVARES F. L., OKOROKOVA-FAÇANHA A. L., FAÇANHA A. R. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. **Plant Physiology**, v. 130, n. 4, p. 1951-1957, 2002.

CARVALHO, L. C.; BUENO, R. C. O. F.; CARVALHO, M. M.; FAVORETO, A. L.; GODOY, A. F. Cana-de-açúcar e álcool combustível: histórico, sustentabilidade e segurança energética. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 530-543, 2013.

CASTRO, P. R. C.; PACHECO, A. C.; MEDINA, C. L. Efeitos de Stimulate e de micro-citros no desenvolvimento vegetativo e na produtividade da laranja 'pêra' (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Scientia Agrícola**, v. 55, n. 2, p. 338-341, 1998.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: **Editora Agropecuária**, p. 121-128., 2001.

CENDON, F. V.; MATOS, R. M. M.; MATHIAS, A. L. Uso de bagaço de cana-de-açúcar como isolante térmico em aquecedor solar de água. **Educação Ambiental e Cidadania: Pesquisa e Práticas Contemporâneas**. v. 1, p. 456-465, 2016.

CESNIK, R. Melhoramento da cana-de-açúcar: marco sucro-alcooleiro no Brasil. Embrapa Meio Ambiente. 2007. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 10 de março de 2021.

CHRISTOFOLETTI, C. A.; PEDRO-ESCHER, J.; CORREIA, J. A.; MARINHO, J. F. U.; FONTANETTI, C. S. Sugarcane vinasse: Environmental implications of its use. **Waste Management**, v. 33, n. 12, p. 2752-2761, 2013.

CHRISTOFOLETTI, C. A.; SOUSA, C. M.; SOUZA, R. B.; FRANCISCO, A.; GASTALDI, V. D. O Emprego de Diferentes Resíduos Utilizados como Fertilizantes na Cultura de Cana-de-açúcar. In: FONTANETTI, C. S., BUENO, O. C. (Org.). **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**. Bauru - SP: Canal 6. v. 1. p. 63–86. 2017.

CidadeVerde.com (2019). Brasileiro consome 30 kg de açúcar por ano; OMS recomenda 18 kg. CidadeVerde.com. Disponível em: <<https://cidadeverde.com>>. Acesso em: 5 de maio de 2021.

CIVIERO, J. C.; DAROS, E.; MELO, L. J. O. T.; WEBER, H.; MÓGOR, A. F.; FIGUEIREDO, G. G. O. Aplicação de substância húmica e do aminoácido L-glutâmico em diferentes comprimentos da reserva nutricional de tolete de uma gema de cana-de-açúcar. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 340-347, 2014.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perfil do Setor do Açúcar e do Etanol no Brasil: Edição para a safra 2015/16**. Brasília: Conab. v. 1, n. 3, 2019. 67p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Brasília: Conab. v. 7, n. 3, 2020. p. 1-62.

CONCEIÇÃO, P. M.; VIEIRA, H. D.; CANELLAS, L. P.; MARQUES JÚNIOR, R. B.; OLIVARES, F. L. Recobrimento de sementes de milho com ácidos húmicos e bactérias diazotróficas endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 43, n. 4, p. 545-548. 2008.

CONCEIÇÃO, P. M.; VIEIRA, H. D.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; CONCEIÇÃO, P. S. Efeito dos ácidos húmicos na inoculação de bactérias diazotróficas endofíticas em sementes de milho. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1880-1883, 2009

Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA (2020). Panorama do Agro Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro>>. Acesso em: 16 de março de 2021.

Copersucar (2018) – Etanol anidro e hidratado: entenda as diferenças. Disponível em: <www.copersucar.com.br>. Acesso em 27 de maio de 2021.

CORTEZ, L.; MAGALHÃES, P.; HAPPI, J. Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. **Revista Brasileira de Energia**, v. 2, n. 2, p. 111-146 1992.

COSTA, G. F. **Modelo de previsão aplicado ao mercado de transporte rodoviário do açúcar no Estado de São Paulo**. Piracicaba: Escola Superior em Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2014. 194 p. Tese de Doutorado

COSTA, N. L. Bioestimulante como fator de produtividade de cana-de-açúcar. **Embrapa Roraima - Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)**. 15p. 2010. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/>>.

CRISTOEFELTI JUNIOR, S. C. **Fisiologia da emergência e perfilhamento em mini-toletes de variedades de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2012. 92p. Dissertação de Mestrado.

DAVIES, P. J. **Plant hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology**. 2ª edição. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1995. 833p.

DIAS, F. L. F.; BOM, E. A.; GIRILO, L. A. S. JUNIOR, G. S. S.; ÁVILA, M. D.; TAVARES, S. **Efeito da aplicação de bioestimulantes, no vigor, brotação e produção de biomassa de cana-de-açúcar na variedade RB 867515**. In: VIII Workshop Agroenergia Matérias Primas, Ribeirão Preto, 2014.

DU JARDIN, P., Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation, **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 3–14, 2015.

DURUOHA, C.; BENEZ, S. H.; CRUSCIOL, C. A. C. Desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em função da compactação, do tipo de solo e do teor de água. **Revista Energia na Agricultura**. v. 16, n. 3, p. 35-46. 2001.

FAÇANHA, A. R.; FAÇANHA, A. L. O.; OLIVARES, F. L.; GURIDI, F.; SANTOS, G. A.; VELLOSO, A. C. X.; RUMJANEK, V. M.; BRASIL, F.; SCHRIPSEMA, J.; BRAZ-FILHO, R.; OLIVEIRA, M. A.; CANELLAS, L. P. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 37, n. 9, p. 1301-1310, 2002.

FERLINI, V. L. A. **A Civilização do Açúcar – séc. XVI A XVIII**. Editora Brasiliense. São Paulo, 1984

FERREIRA, M. M. R.; FERREIRA, L. H. Z.; BOLONHEZI, A. C. Reguladores vegetais aplicados no sulco de plantio em cultivares de cana-de-açúcar. **Scientia Agraria**, v. 14, n. 2, p. 59-64, 2013.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (2019). Countries by commodity. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/>>. Acessado em 27 de maio de 2021.

FREITAS, T. I. A. **Estudo das etapas de produção de etanol de 2ª geração no Brasil**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia. 2019. 62p. Trabalho de Conclusão de Curso.

GLÓRIA, N. A.; ORLANDO FILHO, J. **Aplicação de vinhaça como fertilizante**. São Paulo: Boletim Técnico. PLANALSUCAR, p. 5-38. 1983.

GÓMEZ, J.; RODRÍGUEZ, O. Effects of vinasse on sugarcane (*Saccharum officinarum*) productivity. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 17, p. 318-326, 2000.

GONZÁLEZ, L. C.; PRADO, R. M.; HERNÁNDEZ, A. R.; CAIONE, G.; SELVA, E. P. Uso da torta de filtro enriquecida com fosfato natural e biofertilizantes em Latossolo Vermelho distrófico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 44, n. 2, p. 135-141, 2014.

GRANATO, E. F.; SILVA, C. L. **Geração de energia elétrica a partir do resíduo vinhaça**. In: Encontro de energia no meio rural, 4., Anais... Campinas, p. 1-6, 2002.

GUIDI, R. H. **Comportamento das características tecnológicas e da fermentação etanólica do caldo de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), variedade SP70-1143 tratada com maturadores químicos**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista 1996. 79p. Trabalho de Conclusão de Curso.

GUIMARÃES, S. L.; BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. Efeito da inoculação de bactérias diazotróficas endofíticas em arroz de sequeiro. **Agronomia**. v. 37, n. 2, p. 25-30, 2003.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017) **Cerrado paulista concentra 1/3 da área cultivada de cana-de-açúcar do país**. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 1º de maio de 2021.

KUSS, A. V.; KUSS, V. V.; LOVATO, T.; FLÔRES, M. L. Fixação de nitrogênio e produção de ácido indilacético *in vitro* por bactérias diazotróficas endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 42, n. 10, p. 1459-1465, 2007.

LAZZARINI, P. R. C. **Substâncias húmicas extraídas de turfa associadas com N-ureia: influência no crescimento da cana-de-açúcar e nas transformações do N no solo**. Piracicaba: Universidade de São Paulo. 2014. 83p. Tese Doutorado.

LE COUTEUR, P.; BURRESON, J. **Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história**, Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editor Ltda. 364p, 2006.

LEITE, J. M. **Eficiência agrônômica da adubação nitrogenada associada à aplicação de substâncias húmicas em cana-de-açúcar**. Piracicaba: Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’. 2015. 134p. Tese de Doutorado.

LEITE, R. C. C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. **Novos Estudos - CEBRAP**, São Paulo, v. 78, p. 15-21, 2007.

LEONEZI, R. S.; VENÂNCIO, V. G.; FRESCHI, J. P. B.; LISBOA, L. A. M; FIGUEIREDO, P. A. M. **Aplicação de etefon visando à inibição do florescimento e isoporização e sua influência nos parâmetros produtivos da cana-de-açúcar**. In: 1º Encontro internacional de ciências agrárias e tecnológicas, p. 181-188. 2016.

MALVESTITTI NETO, A. **Reguladores de crescimento e adubação orgânica no estresse hídrico da cana-planta**. São Paulo: Universidade de São Paulo. 70p, 2018.

Tese de Doutorado.

MARQUES-JÚNIOR R. B. (2010) **Uso de ácidos húmicos e bactérias diazotróficas endofíticas na produção de milho e cana-de-açúcar**. Campo dos Goytacazes:

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 2010. 94p. Tese de Doutorado.

MARQUES-JÚNIOR R. B., CANELLAS L. P., SILVA L. G., OLIVARES F. L. Promoção de enraizamento de microtoletes de cana-de-açúcar pelo uso conjunto de substâncias húmicas e bactérias diazotróficas endofíticas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32: p. 1121-1128, 2008.

MEDINA, C. C.; NEVES, C. S. V. J.; FONSECA, C. B.; TORRETI, A. F. Crescimento radicular e produtividade de cana-de-açúcar em função de doses de vinhaça em fertirrigação. **Seminários: Ciências Agrárias**, v. 23, n. 2. p.179-184, 2002.

MELO, N. F. Introdução aos hormônios e reguladores de crescimento vegetal. In: I Seminário CODA de Nutrição Vegetal, Anais.... Petrolina. 2002. P. 37-54.

MORAIS, P. P.; PASCOAL, P. V.; ROCHA, E. S.; MARTINS, E. C. A. Etanol de 2 geração: atual produção e perspectivas. **Bioenergia em revista: diálogos**. v. 7, n. 1, p. 45-57, 2017.

MOREIRA, J. G. **Solubilidade de fertilizantes organominerais peletizados a base de bioossólido e torta de filtro** – Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia. 2018. 51p. Dissertação de Mestrado.

MORENO, L. M. **Transição da colheita da cana-de-açúcar manual para a mecanizada no Estado de São Paulo: cenários e perspectivas**. São Paulo: Universidade de São Paulo. 95p. 2011. Tese Mestrado.

MORINI, M. S. C., SILVA, O. G. M., ZAMBON, V., NOCELLI, R. C. F. Cultura de Cana-de-açúcar no Brasil: Manejo, Impactos Econômicos, Sociais e Ambientais. In: FONTANETTI, C. S., BUENO, O. C. **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**. Bauru: Canal 6 Editora. p. 31-50. 2017.

NOCELLI, R. C. F., ZAMBON, V., SILVA, O. G. M., MORINI, M. S. C., 2017a. Histórico da Cana-de-açúcar no Brasil: Contribuições e Importância Econômica. In: FONTANETTI, C. S., BUENO, O. C. **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**. Bauru: Canal 6 Editora. p. 13-30. 2017.

NOVACANA (2009). Curiosidades sobre o etanol. Disponível em: <<https://www.novacana.com/etanol/curiosidades>>. Acesso em: 1º de maio de 2021.

OLIVARES, F. L. Bactérias promotoras de crescimento vegetal. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 33-34, 2009

OLIVEIRA, E. L.; ANDRADE, L. A. B.; FÁRIA, M. A.; EVANGELISTA, A. W. P.; MORAIS, A. R. Uso vinhaça de alambique e nitrogênio em cana-de-açúcar irrigada e não irrigada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 44, n. 11, p. 1398-1403, 2009.

OLIVEIRA, T. S.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; REIS, S. T.; AGUIAR, E. F.; SOUZA, A. S.; SILVA, G. W. V.; DUTRA, E. S.; SILVA, C. J.; ABREU, C. L.; BONALTI, F. K. Q. Composição química do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com diferentes doses de uréia e soja grão. **Archivos de Zootecnia**. v. 60, n. 231, p. 625-635. 2011.

OWEN, D., WILLIAMS, A. P., GRIFFITH, G. W., WITHERS, P. J. A. Use of commercial bio-inoculants to increase agricultural production through improved phosphorus acquisition. **Applied Soil Ecology**, v. 86: p. 41-54, 2015.

PAULINO, A. F.; MEDINA, C. C.; ROBAINA, C. R. P.; LAURANI, R. A. Produções agrícola e industrial de cana-de-açúcar submetida a doses de vinhaça. **Ciências Agrárias**, v.23, p.145-150, 2002.

PEREIRA, I. Z.; SANTOS, I. F. S.; SILVA, H. L. C.; BARROS, R. M. Uma breve revisão sobre a indústria sucroalcooleira no Brasil com enfoque no potencial de geração de energia. **Revista Brasileira de Energia**. v. 25, n. 2, p. 111-130. 2019.

QUEDA, O. **A intervenção do Estado e a agroindústria açucareira paulista**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'. 1972. 173p. Tese Doutorado.

RAMALHO, J. F. G. P.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso de resíduos agroindustriais. **Floresta e Ambiente**, v. 8. n. 1. p. 120-129, 2001.

RAVEN P. H., RAY E. F., EICHHO R. N. **Biologia Vegetal. 8ª edição**. Rio de Janeiro. Editora Guanabara. 739p. 2012.

Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético – RIDESA BR (2021). História da RIDESA. Disponível em: <www.ridesa.com.br/história>. Acesso em 27 de maio de 2021.

REGIONAL DE ECONOMIA, 15., 2010, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Editora do

RESENDE, A. S.; SANTOS, A.; XAVIER, R. P.; COELHO, C. H.; GONDIM, A.; OLIVEIRA, O. C.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Efeito da queima da palhada da cana-de-açúcar e de aplicações de vinhaça e adubo nitrogenado em características tecnológicas da cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 6. p. 937-941, 2006.

RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. **Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar no Brasil**. Porto Alegre: Núcleo Amigos da Terra, 2006. 37p.

RUI, J. D. A responsabilidade social no setor sucroenergético. **Jornal Cana**, Ribeirão Preto, 2004. Disponível em: <www.jornalcana.com.br>. Acesso em: 20 de março de 2021.

SACHS, R. C. C. Remuneração da tonelada de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 55-66, 2007.

SALA, V. M. R.; FREITAS, S. S.; DONZELI, V. P.; FREITAS, J. G.; GALLO, P. B.; SILVEIRA, A. P. D. Ocorrência e efeito de bactérias diazotróficas em genótipos de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 29, n. 3, p. 345-352, 2005.

SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, J. G.; SILVEIRA, A. P. D. Novas bactérias diazotróficas endofíticas na cultura do trigo em interação com a adubação nitrogenada, no campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32, n. 3, p. 1099-1106, 2008.

SANCHES, A. C.; VAZQUEZ, G. H.; OLIVEIRA, E. L. Uso de torta de filtro e nitrogênio na produtividade da cana-de-açúcar em área de vinhaça In: Congresso técnico científico da engenharia e da agronomia. 5p., 2019.

SANTANA, C. T. C.; SANTI, A.; DALLACORT, R.; SANTOS, M. L.; MENEZES C. B. Desempenho de cultivares de alfaca americana em resposta a diferentes doses de torta de filtro. **Revista Ciência Agronômica**. v. 43, n. 1, p. 22-29, 2012.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. Adubação Orgânica. **Agência Embrapa de Infomção Tecnológica**, 2005. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em 27 de abril de 2021.

SANTOS, D. H.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4. p. 454-461, 2011.

SANTOS, E. G., **Estudo da Adsorção de Contaminantes Orgânicos Provenientes da Água de Extração do Petróleo, em Coluna de Leito Fixo, utilizando Biomassas como Adsorventes**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande 2005, 229p. Tese Doutorado.

SANTOS, G. A.; NICCHIO, B.; BORGES, M. A.; GUALBERTO, C. A. C.; PEREIRA, S. H.; KORNDÖRFER, G. H. Effect of biostimulants on tilling, yield and quality component of sugarcane. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5 p. 29907-29918. 2020.

SATOLO, L. F. **Dinâmica econômica das flutuações na produção de cana-de-açúcar**. 2008. 131 f. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2008. 131p. Dissertação de Mestrado.

SCHMIDT FILHO, E.; GONÇALVES, J. C.; MATOS, N. C. S.; AZEVEDO, R. E. C. Redução dos impactos ambientais do setor sucroalcooleiro com a utilização da torta de filtro na adubação do solo. **Revista Uningá Review**, v. 27, n. 3, p. 05-09. 2016.

SCHWARTZ, S. B. Segredos internos: engenhos e escravos na sociedade colonial, 1550-1835. São Paulo: **Companhia das Letras**, 1988. p. 22-73.

SIEMER, S. R., Developmental field studies of gibberellic acid treatment of Hawaiian sugarcane. **Reports of the Hawaiian Sugar Technology**. Hawaii, 1969. p. 1-5.

SILVA, A. C.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; DOBBSS, L. B.; AGUIAR, N. O.; FRADE, D. A. R.; REZENDE, C. E.; PERES, L. E. P. Promoção do crescimento radicular de plântulas de tomateiro por substâncias húmicas isoladas de turfeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 35, n. 5, p. 1609-1617, 2011.

SILVA, A. J. N. Alterações físicas e químicas de um Argissolo amarelo sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 76–83, 2006.

SILVA, A. J. N.; RIBEIRO, M. R. Caracterização de um Latossolo Amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas: propriedades químicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 2, p. 291-299, 1998.

SILVA, J. H. B.; NETO, F. P.; SILVA, J. M.; SILVA, G. M. L.; SILVA, A. V. Teor de sólidos solúveis e índice de maturação da cana-de-açúcar sob uso da torta de filtro

enriquecida. In: V CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS. Anais... Campina Grande: Realize Editora, 10p, 2020.

SILVA, J. M. R., **Bactérias endofíticas e seu potencial para a promoção do crescimento de cana-de-açúcar: uma revisão de literatura**, Goiás: Instituto Federal Goiano, Campus Ceres. 2021. 44 p. Trabalho de Conclusão de Curso.

SILVA, M. A.; CATO, S. C.; COSTA, A. G. F. Produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar submetida à aplicação de biorregulador e fertilizantes líquidos. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, p. 774-780, 2010.

SILVA, M. A.; GAVA, G. J. C.; CAPUTO, M. M.; PINCELLI, R. P.; JERÔNIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S. Uso de reguladores de crescimento como potencializadores do perfilhamento e da produtividade em cana soca. **Bragantina**, v. 66, n. 4, p. 545-552, 2007.

SILVA, R. O. Cana de mel, sabor de fel – Capitania de Pernambuco: uma intervenção pedagógica com caráter multi e interdisciplinar. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 90-94, 2010.

SILVA, V. L. M. M.; GOMES, W. C.; ALSINA, O. L. S. Utilização do bagaço de cana de açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 2, n. 1. p. 27-32, 2007.

SIMÃO, R. M.; CLEMENTE, J. M.; DUARTE, A. R.; SOUZA, A. R.; SANTOS, T. M.; MACHADO, M. G. Interferência do hormônio giberelina no desenvolvimento inicial da cultura da cana-de-açúcar. **Humanidades & Tecnologia em Revista (FINOM)**. n. 13, v. 17, p. 17-23. 2019.

SOLTANGHEISI, A.; SANTOS, V. R.; FRANCO, H. C. J.; KOLIN, O.; VITTI, A. C.; DIAS, C. T. S.; HERRERA, W. F. B.; ROGRIGUES, M.; SOARES, T. M.; WITHERS, P. J. A.; PAVINATO, P. S. Phosphate Sources and Filter Cake Amendment Affecting

Sugarcane Yield and Soil Phosphorus Fractions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. p. 1-17, v. 43, 2019.

SPONSEL, V. M. The biosynthesis and metabolism of gibberellins in higher plants. In: DAVIES, P. J. **Plant hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology**. 2ª edição. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p. 66-97. 1995.

SZMRECSÁNYI T. Tecnologia e degradação ambiental: o caso da agroindústria canavieira no Estado de São Paulo. **Informações econômicas**, v. 24, n. 10, p. 73-82, 1994.

SZMRECSÁNYI, T. **O planejamento da agroindústria canavieira no Brasil (1930-1975)**. São Paulo: Universidade Estadual de Campinas, 540p. 1979.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TAVARES, A. C. **Deterioração da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) queimada em póscolheita, submetida à aplicação de maturadores químicos**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista. 1997. 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso.

TEIXEIRA, F. A.; PIRES, A. V.; NASCIMENTO, P. V. N. Bagaço da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. **Revista Eletrônica de Veterinária**. v. 8, n. 6, p. 1-9, 2007.

uma análise através do modelo autoregressivo com Threshold. In: ENCONTRO União Nacional da Bioenergia – UDOP (2020) Do etanol ao açúcar. Udop.com.br. Disponível em: <<https://www.udop.com.br>>. Acesso em 16 de março de 2021.

URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; OLIVEIRA, O. C.; LIMA, E.; GUIMARÃES; D. H. V., A importância de não queimar a palha na cultura de cana-de-açúcar. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. n. 5. p. 1-6 1991.

VAZQUEZ, G. H.; BORTOLIN, R.; VANZELA, L. S.; BONINI, C. S. B.; NETO, A. B. Uso de fertilizante organofosfatado e torta de filtro em cana-planta. **Brazilian Journal of Biosystem Engineering**. v. 9, n. 1, p. 53-64, 2015.

VERRI, A. R.; PITELLI, R. A.; CASAGRANDE, A. A.; CASTRO, P. R. C. Reguladores vegetais no enraizamento e desenvolvimento de gemas de cana-de-açúcar tratadas termicamente. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba., v.40, n. 1. p. 381-394, 1983.

VITAL, A. Agro Lidera a Geração De Postos De Trabalho No Brasil Em 2020. *Jornal Cana*, Ribeirão Preto, 2020. Disponível em: <www.jornalcana.com.br>. Acesso em: 20 de março de 2021.

VITTI, N. V. P. **Viabilização do uso da vinhaça concentrada com fertilizantes nitrogenados: aspectos agrônômicos e ambientais**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019. 154p. Tese de Doutorado.

WANDERLEY FILHO, H. C. L. **Uso de bioestimulantes e enraizadores no crescimento inicial e tolerância à seca em cana-de-açúcar**. Rio Largo: Universidade Federal de Alagoas. 2011. 44p. Dissertação de Mestrado.

ZOLIN, C. A.; PAULINO, J.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; FOLEGATTI, M. V. Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo: I. Características do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, n. 1, p. 22-28, 2011.