

PRODUÇÃO DO ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR COMO TEMA INTERDISCIPLINAR NO ENSINO MÉDIO

PRODUCTION OF ETHANOL FROM SUGARCANE AS AN INTERDISCIPLINARY THEME IN HIGH SCHOOL

PRODUCCIÓN DEL ETANOL DE CAÑA DE AZÚCAR COMO TEMA INTERDISCIPLINARIO EM LA ESCUELA SECUNDARIA

Izabeli Batista Girarducci da SILVA¹
Luiz Diego MARESTONI²

RESUMO: A construção de um conhecimento concreto pode alcançada de forma interdisciplinar. O etanol na sua cadeia produtiva apresenta-se como um sistema interdisciplinar, visto que desde o plantio até a comercialização ocorrem diversos processos químicos, físicos e biológicos, além de questões histórico/sociais. Tais temas podem ser abordados em situação de ensino como um exemplo útil ao aprendiz, despertando a curiosidade e facilitando o aprendizado. O trabalho visa contribuir com um processo de ensino-aprendizagem significativo, relacionando um tema do cotidiano com assuntos específicos de ensino. O estudo é qualitativo, exploratório e descritivo, e teve como objetivo analisar a produção de etanol e sua aplicação de forma interdisciplinar no ensino. Os resultados são apresentados em tópicos, com o conceito teórico e como pode ser utilizado nas disciplinas, respectivamente. Assim, é possível perceber a importância do estudo do etanol e a possibilidade de trabalho interdisciplinar sem alteração no projeto pedagógico da escola.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade. Produção de Etanol. Ensino de ciências.

ABSTRACT: *The construction of a concrete knowledge can be achieved in a interdisciplinary way. The ethanol production chain presents a wide possibility of action in several disciplines, since from the planting to the commercialization occur several chemical, physical and biological processes, in addition to historical / social issues. Such topics can be approached in a teaching situation as a useful example to the learner, arousing curiosity and facilitating learning. The work aims to contribute with a significant teaching-learning process, relating a daily theme with specific teaching subjects. The study is qualitative, exploratory and descriptive, and aimed to analyze the production of ethanol and its application in a interdisciplinary way in teaching. The results are presented in topics, with the theoretical concept and how it can be used in the disciplines, respectively. Thus, it is possible to perceive the importance of the study of ethanol and the possibility of interdisciplinary work without alteration in the pedagogical project of the school.*

Keywords: *Interdisciplinary. Ethanol Production. Science teaching.*

¹ Licenciada em Biologia, Pós-graduanda (especialização) em Práticas Interdisciplinares no Ensino de Ciências. Instituto Federal do Paraná, Campus Londrina, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9107-0754>. E-mail: izabatista19@gmail.com

² Graduado e mestre em Física, especialista em Biotecnologia, Doutor em Química, Pós-doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Instituto Federal do Paraná, Campus Londrina. Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0893-7231>. E-mail: luiz.marestoni@ifpr.edu.br.

RESUMEN: *La construcción de un conocimiento concreto es posible de ser alcanzada de forma interdisciplinaria. El etanol en su cadena productiva se presenta como un sistema interdisciplinario, ya que desde la siembra hasta la comercialización ocurren diversos procesos químicos, físicos y biológicos, además de cuestiones históricas/sociales. Tales temas pueden ser abordados en situación de enseñanza como un ejemplo útil al aprendiz, despertando la curiosidad y facilitando el aprendizaje. De esta manera, el trabajo pretende contribuir con un proceso de enseñanza-aprendizaje significativo, relacionando un tema de lo cotidiano con asuntos específicos de enseñanza. El estudio es cualitativo, exploratorio y descriptivo, y tuvo como objetivo analizar la producción de etanol y su aplicación de forma interdisciplinaria en la enseñanza. Los resultados se presentan en tópicos, con el concepto teórico y cómo puede ser utilizado en las disciplinas, respectivamente. Así, es posible percibir la importancia del estudio del etanol y la posibilidad de trabajo interdisciplinario sin alteración en el proyecto pedagógico de la escuela.*

Palabras clave: *Enfoque interdisciplinario. Producción de Etanol. Enseñanza de las ciencias.*

Introdução

Ao associar um objeto de estudo à realidade do discente, o processo de ensino-aprendizagem torna-se significativo. Aproximar-se da vivência do educando permite a formação do aluno-cidadão, incentivando sua participação e despertando o interesse no objeto de ensino, o aluno deve ser exposto à ciência, possibilitando sua integração e reflexão sobre o aprendido e a construção do próprio conhecimento, para então formar cidadãos que sabe pensar, questionar e pesquisar (LEITE; GRADELA, 2017; MACEDO *et al.* 2012).

Quando este objeto possibilita ser trabalhado em várias disciplinas, buscando atingir objetivos comuns, a significância do estudo é ainda maior. Nesse sentido, a interdisciplinaridade surgiu diante da necessidade de solucionar o desmembramento dos conteúdos, buscando a integração dos múltiplos conhecimentos, sem extinguir as individualidades de cada ciência, mas aproximá-las para que se comuniquem de forma efetiva. Podendo nesta forma de ensino um tema ser trabalhado em um mesmo tempo envolvendo diversos conteúdos de uma ou mais matérias, é um compartilhamento total de conhecimento (CARMO; KALHIL, 2017; NOGUEIRA, 2007).

O ensino interdisciplinar no ensino médio possibilita a flexibilização dos conteúdos e a aproximação do indivíduo para com o conhecimento. É nesta fase de ensino que o educando está firmando sua personalidade e sonhos para o futuro, a interdisciplinaridade tem a função de abrir os horizontes do educando, mostrando a dinamicidade do mundo ao seu redor, incluindo na vida profissional e acadêmica,

possibilita a formação de uma linguagem e raciocínio mais formais. Transforma o discente em um cidadão capaz de refletir e modificar a sociedade de forma criativa e construtiva (CARMO; KALHIL, 2017; LEITE; GRADELA, 2017; LAURINDO; SANTOS, 2019; OLIVEIRA; TERÁN, 2019).

A interdisciplinaridade nos traz a ideia de que delimitar um objeto de estudo, não significa ignorar seu histórico de construção e múltiplas vertentes que possa possuir. De acordo com Frigotto (2008) “Se o processo de conhecimento nos impõe a delimitação de determinado problema isto não significa que tenhamos que abandonar as múltiplas determinações que o constituem” (p. 41). É além de uma interação entre ciências, é o reconhecimento de que toda ciência é essencial para a harmonização do conhecimento (BONATTO *et al.* 2012; FAZENDA, 2013; FRIGOTTO, 2008; NOGUEIRA, 2007; PIRES, 1998; THIESEN, 2008). No entanto, não é uma concepção de ensino simples de ser implementada. Desta maneira, trabalhar com temas bastante amplos seria uma forma de possibilitar uma maior adesão (MEC, 1997; NOGUEIRA, 2007).

O tema “etanol” é uma proposta relevante e ampla, pois é de grande familiaridade para os educandos, pode ser discutido em várias disciplinas e é um bom tema para trabalhar na perspectiva interdisciplinar, pois cria condições ótimas para a desfragmentação do conhecimento, sem perder a individualidade de cada matéria. A interdisciplinaridade não busca fragmentar o conhecimento, mas integrar seu contexto histórico e funcionalidade perante a sociedade (BONATTO *et al.* 2012; BRASIL, 2011; FRIGOTTO, 2008; LOPES *et al.* 2011).

O etanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ é obtido principalmente por fermentação de matérias-primas açucaradas, amiláceas, féculentas ou celulósicas. Pode ser utilizado como bebida alcoólica, na indústria farmacêutica ou como combustível. É de grande importância histórica, econômica e ambiental além de mostrar-se como uma alternativa viável aos combustíveis fósseis. O Brasil é líder mundial na produção por cana-de-açúcar e é um produto importante de exportação (CHIEPPE JÚNIOR, 2012; CONAB, 2017).

O presente trabalho tem por objetivo apresentar e discutir a cadeia de produção do etanol como uma proposta interdisciplinar. O trabalho é qualitativo, exploratório e descritivo. Os resultados da pesquisa são apresentados em tópicos em que se discute o tema e em quais disciplinas poderiam ser trabalhados, respectivamente.

Etapas de produção e conteúdos correspondentes

O processo de produção e comercialização do etanol é complexo e extenso. Desta maneira, é necessário que todos docentes apropriem-se do tema como um todo. Nos subitens a seguir discute-se o processo integral e sequencial (desde o plantio até a comercialização) da cadeia de produção e propostas não exaustivas de inserção nas disciplinas.

De maneira mais ampla, as disciplinas de língua portuguesa e estrangeira podem contribuir em qualquer fase do projeto, visto ser necessário que os discentes interpretem os materiais didáticos possivelmente propostos. No entanto, não necessariamente todas as disciplinas devem trabalhar um tema para que uma proposta interdisciplinar se torne efetiva.

A Cana-de-açúcar e seu plantio

A cana-de-açúcar é uma angiosperma, da família Poaceae e gênero *Saccharum*, que se caracteriza por ter caule em colmos e as folhas com sílica nas bordas. Típica de regiões com clima tropical e subtropical, a origem da cana-de-açúcar é incerta. No Brasil a cana-de-açúcar chegou trazida pelos portugueses, a quantidade de engenhos no litoral brasileiro logo aumentou rapidamente, fazendo do Brasil um grande produtor de cana-de-açúcar (SILVA; SILVA, 2012).

Em biologia este tema pode ser trabalhado no estudo da fotossíntese, lecionada no ensino fundamental e médio, pois é uma planta com alta taxa fotossintética e eficaz utilização de CO₂. Em sistemática vegetal estuda-se suas características externas e internas, nomenclatura e classificação.

A cana é a planta que mais absorve água em sua família, com aproximadamente 70% de água, e possui a capacidade de armazenar sacarose (interesse comercial). A química pode trabalhar a composição da cana-de-açúcar: água, sólidos insolúveis (fibras) e solúveis (açúcares), que pode variar de acordo com fatores de pH, temperatura.

Em ecologia, as queimadas realizadas nos canaviais para a limpeza do solo antes da colheita geram impactos ambientais: erosão do solo, déficit no equilíbrio ecológico, eliminação de agentes biológicos naturais do ambiente (microbiologia), aumento de fuligem na atmosfera, que podem causar problemas respiratórios (HAMERSKI, 2009;

MARAFON, 2012; MENEZES, 2012; OLIVEIRA; BARROCAS, 2008; ROSSETTO, 2018; SILVA; SILVA, 2012).

As condições do solo e clima para o cultivo são temas da geografia, pois para o plantio e colheita é necessário um planejamento da área. Pode-se trabalhar também políticas públicas, como a superprodução da cana-de-açúcar no Brasil e sua representatividade no mundo e abordar a produção de cana-de-açúcar em diferentes regiões do país, comparando o clima e o solo (CASTAGINI; MENTA, 2009; ROSSETTO; SANTIAGO, 2018).

Em história, podem-se discutir questões de colonização, criação dos engenhos de cana-de-açúcar e escravidão. Sua produção abre espaço para discussões como a escravidão no mercado açucareiro, já que a mão de obra inicialmente utilizada nas plantações de cana-de-açúcar no Brasil era a indígena e depois negra, além de funcionários regulares que supervisionavam o trabalho executado pelos escravos (BRAIBANTE *et al.* 2013; SANTIAGO *et al.* 2006; SILVA, 2010).

As contribuições da matemática podem acontecer a partir de dados estatísticos da produção de cana-de-açúcar. Segundo Silva e Silva (2012) existe um percentual ideal de renovação anual de plantio, baseado no declínio de produtividade entre as safras. Tais dados podem levar a conclusão de quando da plantação de cana-de-açúcar deverá ser renovada, baseado nos valores de declínio de produção obtidos na colheita da safra do ano atual.

Na disciplina de física pode ser estudado o sequestro de CO₂ devido ao crescimento da planta (fotossíntese) que leva a redução de CO₂ na atmosfera, e a influência deste fenômeno na temperatura global média (aquecimento global) (PIMENTEL, 2011).

A colheita e o trabalhador

As disciplinas de filosofia, sociologia e história podem discutir a colheita de cana-de-açúcar manual ou mecanizada. Historicamente a forma manual foi predominante e os trabalhadores eram conhecidos como “Boias frias”, pessoas que migravam em busca de salários e condições de vida melhores, sendo a maior parte jovens humildes, sem estudo ou orientação profissional. As condições de trabalho eram sofridas, em ambientes quentes, com muito sol, ambiente poluído, com animais peçonhentos e sem saneamento básico, o que hoje ficaria muito próximo do trabalho

escravo moderno (ABREU *et al.*, 2009). Nos anos 70, com o impulso na produção de etanol, houve um aumento considerável na migração de trabalhadores para São Paulo, porém iniciou-se também a mecanização da colheita para agilizar o processo, por questões ambientais e de saúde pública (queimadas dos canaviais). Tais trabalhadores foram substituídos, o que por um lado resolveu um problema, mas reduziu a taxa de empregos para pessoas não capacitadas (MORAES; FIGUEIREDO; OLIVEIRA, 2009; MORAES; FIGUEIREDO, 2008; SILVA; GARCIA, 2009; SILVA; SILVA, 2016; TORQUATO, 2013). Foram criadas leis, como a 11.241/02, obrigando a diminuição do uso do fogo, inviabilizando a prática do corte manual. Ou seja, tais disciplinas podem discutir questões de migração, desigualdade social, desemprego, avanços tecnológicos, trabalho escravo moderno, capacitação, condições ideais de trabalho.

As consequências das queimadas também podem ser abordadas em biologia, química e física. A eliminação de animais silvestres, manutenção do equilíbrio ecológico, canaviais como nichos ecológicos e prejuízos causados à vegetação que também são afetadas pelas queimadas (plantas silvestres) (CHAVES, 2011; SANTOS *et al.* 2013) podem ser abordados em biologia.

O prejuízo ao solo, que elimina substâncias e altera sua composição, em contrapartida com a manutenção dos resíduos orgânicos e a nutrição do solo com este adubo natural, pode ser estudado em química.

Aquecimento global, efeito estufa e elevação dos níveis de gases potencialmente poluentes na atmosfera podem ser discutidos nas matérias de química e física. (CHAVES, 2011; FERREIRA, SIQUEIRA; BERGONSO, 2009).

A utilização da palha da cana-de-açúcar como comburente nas fornalhas das usinas e forma alternativa de energia, conforme estudado por Romão Júnior (2009), pode ser discutido em matemática, ou seja, pode-se discutir os aspectos econômicos da produção.

A inclinação ideal de terreno para o plantio ser considerado mecanizável, de acordo com Gino (2014) seria igual ou inferior a 12%. Tais assuntos podem ser trabalhados na disciplina de geografia.

Do campo à produção

Após a colheita inicia-se o processo pré-industrial: transporte, lavagem, moagem, esterilização. O transporte deve ser cauteloso, para que não haja desperdício

de matéria-prima com o maior rendimento e menor redução na qualidade do produto (MOLINI, 2010; ROSSETO, 2018c). A logística é importante, pois a matéria-prima deve ser moída com menos de 72 horas após o corte, depois desse tempo a cana já não tem a qualidade exigida para o processo (FRANÇOSO *et al.* 2017; LAZZARINI *et al.* 2010). Segundo Rosseto (2018c) a cana-de-açúcar deve ser transportada por rodovias, visto que ferrovias e hidrovias não são viáveis de serem utilizados, pois não é economicamente vantajosa a construção de linhas ferroviárias de curta distância e as hidrovias são um meio de transporte lento. Neste caso, a matemática pode trabalhar os aspectos financeiros, econômicos, estatísticos, a leitura de gráficos e a lógica.

A sociologia e filosofia podem discutir aqui também as condições de trabalho no transporte, pois os turnos compridos podem durar até 10 horas, devem ser constantes, pois a usina funciona ininterrupta, e são ordenados de forma que os operários não descansam ou parem para as refeições todos no mesmo horário (SILVA, 2006).

Quando chegam, os caminhões são pesados e é realizada a amostragem da cana para verificar a qualidade do produto: o teor de sacarose que, quanto maior, melhor a qualidade de produção, e a contaminação por patógenos e sujidades que, quanto menor, melhor (NETO *et al.* 2014; RANGEL *et al.* 2009; SILVA; SILVA, 2012). Este tema pode ser estudado em biologia em relação aos diferentes tipos de plantas, suas partes, produção de nutrientes, utilidade no ambiente e para a sociedade e a influência do meio externo no seu desenvolvimento (chuva, umidade, vento, vaporização). Em química e física quanto aos testes analíticos: teor de sólidos solúveis (°BRIX) na química e o princípio de alteração no índice de refração do equipamento na física. A química pode trabalhar a solubilidade da sacarose, a diferença entre os tipos de açúcares (glicose, frutose, sacarose) e os processos de quebra de moléculas complexas.

Se aprovado nos testes de qualidade, o material é enviado para lavagem. No processo de lavagem pode ser trabalhada a fluidodinâmica e a termodinâmica na física e na química. A Matemática pode trabalhar com a armazenagem em relação as formas geométricas ideais para utilizar o menor espaço possível.

A moagem consiste na quebra da cana-de-açúcar separando o bagaço do caldo. Primeiramente a cana é desfibrada, em seguida submetida à pressão de rolos compressores. Água é adicionada ao caldo (embebição) com o objetivo de diluir o açúcar presente no interior das células e aumentar a eficiência e rendimento da extração (BRASIL, 2011; CHIEPPE JÚNIOR, 2012). A química e biologia podem trabalhar os gradientes de concentração, diluição e osmose. As moendas podem servir como

exemplo para o estudo de movimentos circulares (velocidade angular e transmissão de movimentos por polias e catracas) e sua dinâmica: centro de massa, massa, momento angular, torque. Quanto a matemática, de acordo com Lopes *et al.* (2011), uma safra dura em torno de 200 dias, com um tempo de aproveitamento mínimo de 80%. A capacidade de processamento, o aproveitamento e o rendimento em álcool podem ser objeto de estudo. Essas simulações podem ser trabalhadas com conceitos de porcentagem, divisão, probabilidade, estatística e lógica. Os resíduos da moagem são utilizados nas usinas como combustível das caldeiras, alimentação de gado, produção de celulose. É possível trabalhar estas informações em biologia, com questões de meio ambiente, sustentabilidade, rentabilidade, reciclagem e aproveitamento de resíduos, relacionando com o custo/benefício gerado para usina, reduzindo os impactos ambientais.

O processo de esterilização do caldo é realizado, com métodos físicos e químicos através do seu aquecimento até temperatura maior que 100 °C, resfriamento e decantação. O objetivo é retirar microrganismos e impurezas (CHIEPPE JÚNIOR, 2012; LOPES *et al.* 2011). A química pode trabalhar os processos de separação, alteração de pH, pois adiciona-se hidróxido de cálcio para manter o pH em torno de 5 à 6, e sua influência em produtos orgânicos. A biologia pode discutir a influência da contaminação na disputa pelo substrato, o que reduz a qualidade da fase alcoólica. Outro método de esterilização é a adição de antibióticos. Nesse caso, a biologia pode discutir a sobrevivência de microrganismos em ambientes hostis. A física pode discutir a transferência de calor, capacidade térmica e a filtragem. Para que ocorra o aquecimento rápido o caldo ainda não tratado (baixa temperatura) é adicionado lentamente a um já aquecido (tratado), desta maneira sua capacidade térmica é baixa (pouca massa) e sua temperatura é rapidamente elevada. Se esse processo ocorresse adicionando-se calor diretamente a todo o caldo frio, implicaria em uma capacidade térmica alta e dificuldade no aumento de temperatura (LOPES *et al.*, 2011).

Fermentação

Após a esterilização o caldo é enviado às dornas onde ocorrerá a inoculação da levedura para realizar a fermentação alcoólica (LOPES *et al.* 2011; RIBEIRO *et al.* 1999). Segundo Ribeiro *et al.* (1999) o processo de fermentação ocorrem três fases: Pré-fermentação, em que o caldo tratado entra em contato com o levedo e ocorre a

multiplicação acelerada de leveduras, aumento gradual de temperatura, baixa produção de álcool e desprendimento de CO₂; Fermentação tumultuosa, onde ocorre alta produção de álcool e desprendimento de CO₂, com a elevação controlada da temperatura, onde, segundo Lima *et al.* (2001), o objetivo da levedura é gerar energia de forma anaeróbica para os processos fisiológicos realizados pelo microrganismo; Pós-fermentação, onde seu metabolismo já está saturado e os altos níveis de etanol são fatores de inibição para a fermentação. Após a fermentação, o líquido fermentado (vinho) vai para o tratamento e o fermento passa pela fase de recuperação, para que possa ser reutilizado.

A disciplina de ciências biológicas pode fazer um paralelo com outros produtos fermentados, como pães, cerveja, vinho, produtos derivados do leite. Pode também trabalhar o metabolismo microbiano, a função da fermentação, reações enzimáticas, classificação fúngica, condições de crescimento e nutrição, nichos ecológicos.

Os processos bioquímicos podem ser trabalhados tanto em biologia quanto em química, onde é possível analisar os produtos de excreções gerados durante as reações enzimáticas, e o consumo do açúcar pelas leveduras. A química pode explicar os efeitos do oxigênio na oxidação e no metabolismo das leveduras, além do que a fermentação necessita de fatores ideais, como temperatura e pH (LIMA *et al.*, 2001).

A física explica o processo de controle da temperatura e centrifugação que ocorre com o vinho para separar o vinho da levedura que será recuperada, analisando como e quanto à força centrífuga atua.

Quanto à matemática é possível trabalhar o dimensionamento (geometria) das dornas e as válvulas para que haja a vazão ideal do mosto. Lopes *et al.* (2011) esclarece que é necessário considerar as variáveis de perda de volume ocasionada pela formação de espumas do vinho e pelo espaço perdido pela serpentina de resfriamento interna da dorna, o que resulta em um espaço útil da dorna de 95%. Existem equações que relacionam o volume de etanol que será produzido com o volume do vinho e seu teor alcoólico (°GL). Pode-se também calcular o volume final após a separação do leite de leveduras.

A fermentação é um assunto que, via de regra, desperta a curiosidade dos educandos de forma geral, principalmente por se tratar de produtos que se tem contato diariamente. Essa característica pode simplificar o entendimento dos conteúdos da química, biologia, física. A fermentação pode ser demonstrada na prática com facilidade, utilizando-se materiais didáticos alternativos de baixo custo. Atividades

práticas facilitam a aprendizagem. É reconhecível as dificuldades para aplicação de atividades práticas no ensino médio, pois há falta de estrutura (MOTA *et al.*, 2016; BASSOLI, 2014; SANTANA, 2016), a fermentação aparece como possibilidade de contornar o problema. Segundo Santana (2016), não são necessários materiais complexos para a realização de atividades e demonstrações práticas, que muitas vezes podem ser realizadas em sala de aula sem a necessidade de espaços elaborados, utilizando-se de materiais simples do cotidiano, como bexigas, garrafas e fermento biológico encontrado em padarias e mercados, que são utilizados na demonstração da liberação de CO₂ que ocorre durante a fermentação alcoólica. A realização de aulas práticas em assuntos complexos como processos fermentativos, classificação dos fungos, a interferência da temperatura em processos biológicos e outros conteúdos que estão presentes durante a fermentação, faz com que a ligação entre teoria e prática e a fixação do conhecimento acerca do assunto ocorra com maior efetividade levando ao maior aprendizado científico.

Destilação

Após a fermentação, o vinho é separado do leite de leveduras pelo processo de decantação, em seguida ocorre à destilação, que consiste no processo de mudança de estado de uma substância líquida para estado gasoso após o aumento da temperatura seguido da condensação, retornando o vapor para o estado líquido, podendo ter sua composição alterada ou não (LIMA *et al.*, 2001). Segundo Lopes *et al.* (2011) o objetivo da destilação é produzir e concentrar um vinho hidratado, separando componentes secundários como metanol, baseando-se na diferença entre o ponto de ebulição do álcoois e da água.

Na indústria a destilação pode ocorrer em um processo contínuo ou batelada. Em ambos os casos, o vapor gerado pelo aquecimento do vinho transfere energia para os pratos das colunas de destilação fracionada, a temperatura cai conforme a altura do prato, em um movimento crescente e vertical, evento que é inversamente proporcional aos níveis alcoólicos do vinho que está sendo destilado. Por esta razão, quanto maior o número de pratos na coluna, maior o teor alcoólico do destilado. Após tornar-se vapor, o etanol vai para o condensador, perde calor para o meio e volta ao estado líquido (LIMA *et al.* 2001; RIBEIRO *et al.* 1999).

A química pode trabalhar os conceitos de separação e purificação de compostos e estrutura dos componentes do vinho. As impurezas do vinho são, geralmente, álcoois superiores, ácidos, aldeídos que podem ser estudados em química orgânica, (estruturas e funções). É possível debater sobre os teores de purificação e concentração para separar substâncias e a formação de misturas azeotrópicas.

A física pode novamente trabalhar a termodinâmica quando se trabalha com volatilidade e a pressão de vapor, temperatura, ponto de ebulição, condensação. Para ser conhecida a relação entre temperatura e pressão de vapor utiliza-se a equação de Antoine. A partir disso pode-se criar uma relação entre física e matemática, essencial para o entendimento do processo estudado. A lei dos gases também pode ser trabalhada quanto à relação entre pressão, volume e temperatura, em que a volatilidade é inversamente proporcional à pressão e diretamente proporcional à temperatura. Ainda podem-se trabalhar as relações de transformação de uma energia em outra, pela realização de trabalho.

A destilação também possibilita a realização de atividades práticas, como exemplo de atividade utilizando materiais mais simples, Sartori *et al.* (2009), utilizaram vidrarias de laboratório associado a frascos plásticos de detergente para separação de águas de rios ou bebidas, como refrigerante. A instrumentalização de conteúdos específicos relacionados à física e química facilita a compreensão do educando, pois torna o aprendizado chamativo, interessante e significativo (SILVA *et al.*, 2013).

O resíduo e a armazenagem

Ao final da produção resta a vinhaça, um composto rico em água, enxofre, nitrogênio, matéria orgânica, potássio e fósforo, com alta demanda bioquímica de oxigênio, que não deve ser descartado em corpos d'água, pois consome o oxigênio do meio, podendo prejudicar, peixes, plantas e outros organismos aquáticos. O aproveitamento do resíduo é feito utilizando-o para irrigação do canavial. O projeto de lei 5.182/13 traz as diretrizes sobre o descarte e reuso da vinhaça, a fim de garantir o armazenamento, transporte e aplicação da vinhaça no sol sem ferir o meio ambiente e a saúde pública. Ainda que a fertilização do solo seja a técnica de reuso mais conhecida, há discussões acerca de seu potencial poluidor, para o próprio solo e lençóis freáticos. A vinhaça pode ser aplicada também como ração animal, produção de biomassa, produção

de metano. Assim, tem potencial econômico para a geração de renda (MOLINI, 2010; RIBEIRO *et al.* 1999).

Seu descarte e reutilização podem ser explorados em biologia, com questões ambientais em temas como poluição de solos, águas, lençóis freáticos e o impacto que gera sobre o ser humano. Pode ser trabalhado em conjunto com a química explorando sua estrutura, formulação e seu princípio ativo que o torna poluidor, além de discutir possíveis aplicações benéficas para a sociedade.

O fato de o Brasil ser o maior produtor de etanol de cana-de-açúcar do mundo pode ser trabalhado em área de ciências humanas. A contribuição industrial na sociedade, modernização da indústria, necessidade de qualificação profissional, empregabilidade e incentivo e investimento governamentais pode ser discutido com os discentes.

Para que os reservatórios sejam eficazes, é necessário que estejam preenchidos o máximo possível, para isso é utilizada a matemática, a fim de calcular o tamanho e geometria ideal dos tanques, ou seja, que supram as necessidades da destilaria com uma conhecida capacidade de produção (funções).

Por fim, considerando que o álcool é um material volátil, caso sobre espaço não preenchido nos reservatórios, o etanol evaporará. Preenchendo este espaço vazio reduzem-se perdas, o que pode ser trabalhado em Física com mudança de estados físicos.

O combustível e sua comercialização

O álcool sai da usina de produção por meio de alcooldutos, rodovias, hidrovias ou ferrovias com destino às distribuidoras. Estas direcionam aos postos de combustíveis. A comercialização do etanol contribui para a economia. Segundo o boletim da CONAB (2017), estima-se uma produção de cerca de 26 bilhões de litros para os anos de 2017/18 no Brasil. O etanol ganhou destaque na década de 70 com a crise do petróleo e a criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) que objetivava desfazer a dependência nacional pelo petróleo. Incentivando a criação e venda dos carros movidos a álcool, o Proálcool modificou a economia do Brasil. Entretanto muitas foram às críticas feitas ao projeto, por exemplo, o aumento desenfreado da criação de usinas e exploração do campo, referentes tanto ao meio ambiente quanto a utilização de boias frias. Em 1996 a crise do petróleo já não era mais

um problema, pois os valores do barril da matéria-prima haviam normalizado, não sendo necessários os investimentos na cultura do etanol. Por consequência, o projeto não teve força para continuar e ainda que não tenha sido extinto, não ocorreram estímulos para a sua manutenção. Com a invenção dos carros flexfuel o etanol voltou a ser importante e atualmente a exportação do setor sucroalcooleiro no Brasil, caminha em passos firmes, sendo o terceiro produto mais exportado no ano de 2017, principalmente para a Índia (ANDRADE, CARVALHO; SOUZA, 2009; LOPES *et al.* 2011; SOUSA *et al.* 2012; YOSHIKI *et al.* 1997).

As aplicações do etanol podem ser estudadas em química orgânica e geral. A física ou química podem abordar o poder calorífico da queima do combustível e os ciclos termodinâmicos dos motores. A matemática pode explorar as questões de logística e economia existentes na comercialização do etanol.

É possível trabalhar em sociologia a relação honesta e curiosa entre o educando e a economia atual do país, que gera questionamentos sobre a existência de problemas que afetam a população em um país com boa oportunidade de comercialização de um produto muito procurado.

A geografia trabalharia as questões políticas e históricas existentes no processo de comercialização do etanol, as relações externas e o funcionamento da economia, como se cria uma potência mundial capaz de se auto sustentar diante de crises e como aproveitar esse período como algo benéfico.

O consumidor

A preocupação crescente com o meio ambiente tem sido uma das faíscas que alimentam o uso de etanol como combustível alternativo. Sua utilização libera uma quantidade menor de gases poluentes na atmosfera que combustíveis fósseis, já que o plantio absorve-o (CHIEPPE JÚNIOR, 2012).

Neste tópico, é possível trabalhar as propagandas e a relação econômica com o consumidor em matérias como matemática e sociologia. Em geografia questões geopolíticas que envolvam a economia e relações comerciais entre os países, suas interferências no desenvolvimento do Brasil, as disputas mundiais por combustíveis fósseis, as possibilidades e influências que o etanol apresenta para a solução de problemas energéticos.

Educação ambiental pode ser explorada em biologia envolvendo sustentabilidade, princípio fundamental da educação ambiental. Segundo a Lei 9795/99 artigo 4º a educação ambiental tem como um de seus princípios básicos o uso de concepções pedagógicas e múltiplos saberes, na perspectiva interdisciplinar.

Existe um debate muito forte acerca do uso de combustíveis fósseis e de seus possíveis substitutos. O Brasil mostra-se como exemplo diante desses desafios, sendo um dos poucos países a utilizar biocombustíveis e desenvolver a gasolina mista com o álcool, que se caracteriza por ser menos poluente, reforçando a ideia de que o etanol é uma das saídas em questões ambientais e econômicas quando o assunto é combustível (DIAS, 2006).

A sociologia pode trabalhar as vantagens do uso do etanol como principal fonte energética (saúde, ambiente e economia). Segundo Dias (2006) a tendência do uso de combustíveis fósseis é diminuir reservando um futuro glorioso para os biocombustíveis.

Na Figura 1 é apresentado, de forma sucinta, as áreas do conhecimento da produção do etanol e as possibilidades de trabalho nos diversos componentes curriculares.

Quadro 1 - Resumo das disciplinas e conteúdos que podem ser trabalhados.

Etapa	Disciplinas	Conteúdos
Todas	Linguagens	Interpretação de textos
	Informática	Automação e controle na agricultura de precisão, indústria e transporte
A cana-de-açúcar e seu plantio	Biologia	Fotossíntese, Sistemática vegetal, ecologia
	Geografia	Solos, topografia, localização e clima, políticas públicas
	Química	Composição química, pH, temperatura, toxicidade, genotoxicidade, bioacumulação e biomagnificação
	História	Colonização, criação dos engenhos de cana-de-açúcar e escravidão
	Matemática	Estatística
A colheita e o trabalhador	Física	Sequestro de CO ₂ , interação da radiação com a matéria, efeito estufa
	Filosofia, sociologia e história	Boias Frias, migração, desigualdade social, desemprego, trabalho escravo moderno
	Biologia, química e física	Eliminação de fauna e flora, solo, gases poluentes
	Matemática	Economia

	Geografia	Topografia
Do Campo a Produção	Matemática	Logística, leitura de Gráficos, estatística, porcentagem, probabilidade
	Sociologia	Condições de trabalho
	Biologia	Nutriente vegetais, microrganismos patogênicos, gradientes de concentração, osmose, sustentabilidade, reciclagem, meio ambiente, esterilização, influencia do pH e temperatura nos microrganismos
	Física	°BRIX, fluidodinâmica, termodinâmica
	Química	Solubilidade e concentração de sacarose, pH
Fermentação	Biologia	Microbiologia, Micologia, respiração celular, fermentação, classificação fúngica, biotecnologia, ação enzimática
	Física	Termodinâmica, força centrípeta
	Matemática	Relação do volume com dimensão espacial
	Química	Ação enzimática, bioquímica
Destilação	Física	Mudança de estado da matéria, termodinâmica
	Química	Química orgânica, substância azeotrópica
	Matemática	Cálculos, interpretação de gráficos
O resíduo e a armazenagem	Biologia	Ecologia, meio ambiente
	Química	Poluição por resíduos químicos
	Sociologia	Empregabilidade, industrialização
	Matemática	Relação do volume com dimensão espacial
O combustível e sua comercialização	Química e física	Termodinâmica, função química do álcool
	Matemática	Logística, economia, porcentagem, estatística,
	Sociologia	Relação do comércio com o investimento no país
	Geografia	Geopolítica
O consumidor	Geografia, história e sociologia	Geopolítica, disputas por combustíveis fósseis, relações de trabalhos, saúde, ambiente e economia
	Biologia	Educação ambiental, sustentabilidade
	Matemática	Logística, educação financeira

Fonte: Elaboração das autoras, 2019.

Considerações finais

Por ser um produto do cotidiano, utilizar o etanol como tema de discussão nas disciplinas possibilita a interdisciplinaridade e aproxima um tema a princípio complexo com a realidade dos discentes. De alguma maneira, eles têm contato com o etanol em

produtos farmacêuticos, como combustível, em bebidas. Assim, utilizar-se de objetos da vivência do aprendiz torna a construção do saber plena, une o processo de aprendizagem com o saber científico. A prática interdisciplinar abre novos caminhos para a formação concreta do conhecimento, e prepara, com destaque no ensino médio, os discentes para ser um cidadão reflexivo e consciente do que é certo e errado nos meios acadêmico, profissional e social em uma sociedade interdisciplinar. Possibilidades de melhorias no ensino atual, com amplitude e integração de saberes, justifica a aplicação de um ensino interdisciplinar.

Com o trabalho demonstrou-se as possibilidades de estudo nas diversas disciplinas na produção do etanol em toda sua cadeia, possibilidades do uso dessas ciências em um ensino interdisciplinar, isso é, de forma que não isolada, mas parte de uma sequência lógica de etapas visando um produto final, que resgate os conhecimentos que foram discutidos em diferentes fases do ensino do aprendiz.

O uso de um conhecimento base facilita o entendimento por parte dos docentes dos objetivos que serão cumpridos e o papel de cada um no processo. Com o trabalho é possível verificar estas possibilidades, não exaustivas, de trabalho em cada disciplina na produção e comercialização do etanol, já que este é um produto importante para o desenvolvimento da maioria das sociedades atuais. O trabalho não é exaustivo e outras discussões e disciplinas podem ser incluídas.

Referências

ABREU, D; MORAES, L. A; NASCIMENTO, E. N; OLIVEIRA, R. A. Impacto Social da Mecanização da Colheita de Cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, São Paulo, v. 456, p.3-9, 2009.

ANDRADE, E. T; CARVALHO, S. R. G; SOUZA, L. F. Programa do Proálcool e o etanol no Brasil. **Engevista**, v. 11, n. 2, 2009. Pró Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação - UFF. <http://dx.doi.org/10.22409/engevista.v11i2.236>

BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 20, n. 3, 2014.

BONATTO, A; BARROS, C. R; GEMELI, R. A; LOPES, T. B; FRISON, T. B. Multidisciplinaridade no Ambiente Escolar. *In: IX ANPEDSUL* (p. 1-12). Caxias do Sul - RS, 2012.

BRAIBANTE, M. E. F; PAZINATO, M. S; ROCHA, T. S; FRIEDRICH, L. S; NARDY, F. R. A cana-de-açúcar no Brasil sob um olhar químico e histórico: uma abordagem interdisciplinar. **Química nova na escola**, v. 35, n. 1, p. 3-10, 2013.

BRASIL. **Etanol - Combustíveis**: a química que move o mundo. Guia Didático do Professor, 2011. Disponível em:
<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=36217>. Acesso em: 19 de junho de 2018.

BRASIL. Lei Nº 11.241, de 19 de Setembro De 2002. **Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo**. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. 2002.

BRASIL. Lei Nº 9.795, de 27 de Abril de 1999. **Poder Executivo**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília – DF. 1999.

BRASIL. Projeto de lei nº. 5.18213, de 2013. **Poder Executivo**. Dispõe sobre o armazenamento, transporte e aplicação no solo da vinhaça gerada pela atividade sucroalcooleira no processamento de cana-de-açúcar. 2013.

CARMO, W, S, P; KALHIL, J, B. A Relação Interdisciplinar entre Física e Filosofia no Terceiro Ano do Ensino Médio em uma Escola Pública na Cidade de Manaus. **Latin American Journal of Science Education**, v. 4, Mai, 2017.

CASTAGINI, A. S; MENTA, E. **Ensino médio, biocombustíveis e meio ambiente**: Material de Apoio aos Professores, Curitiba-PR, 2009. Disponível em
<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=2089>. Acesso em: 15 de maio 2018.

CHAVES, V. R. **Queima da cana de açúcar**: efeitos e Consequências. Universidade Federal do Paraná: Matinhos, 2011.

CHIEPPE JÚNIOR. J. B. **Tecnologia e fabricação do álcool**. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. Disponível em:
http://redeotec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_prd_industr/tec_acucar_alcool/1610_12_tec_fabric_alc.pdf. Acesso em: 18 de abril 2018.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira**, Cana-de-açúcar. v.4 - SAFRA 2017/18 - n.1 - Primeiro levantamento. 2017. Disponível em:
<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 16 de janeiro 2020.

DIAS, G. F. **Atividades interdisciplinares de educação ambiental**. Global Editora e Distribuidora Ltda, 2006.

FAZENDA, I. **Práticas Interdisciplinares na Escola**. 13. ed. Cortez. 2013.

FERREIRA, J. C; SIQUEIRA, S. S; BERGONSO, V. R. **Impactos Causados pela Fuligem a Cana-de-açúcar**. 2009. Disponível em:

<http://www.unisalesiano.edu.br/encontro2009/trabalho/aceitos/CC29554518862A.pdf>.

Acesso em: 20 de abril 2018.

FRANÇOSO, R. F; BIGATON, A; SILVA, H. J. T; MARQUES, P. V. Relação do custo de transporte da cana-de-açúcar em função da distância. **Revista iPecege**, v. 3, n. 1, p. 100-105, 2017. <http://dx.doi.org/10.22167/r.ipecege.2017.1.100>.

FRIGOTTO, G. A interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas ciências sociais. **Ideação**, v. 10, n. 1, p. 41-62, 2008.

GINO, A. N. **Os problemas sociais decorrentes da queima da palha da cana de açúcar em Barretos-SP**, 2014. Monografia, Universidade de Brasília – DF.

HAMERSKI, F. **Estudo de variáveis no processo de carbonatação do caldo de cana-de-açúcar**. 2009. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Setor de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

LAURINDO, A, P; SANTOS, M, A, P. A Interdisciplinaridade no Ensino de Filosofia para o Ensino Médio. **Horizontes – Revista de Educação**, Dourados, MS, v. 7, n. 13, p. 265 – 279, Jan/Jun, 2019.

LAZZARINI, C. M. C; SANTOS, A. G; SARAMAGO, S. F. P; FARIA, C. A. Modelo de otimização do transporte de cana-de-açúcar das frentes de corte para usinas. In: **VI Congresso Nacional De Engenharia Mecânica**. (p. 1 – 10). Campina Grande, Paraíba. 2010.

LEITE, L, M, O, R; GRADELA, A. O ensino de ciências e a educação científica como suporte para a formação cidadã no ensino médio. **REVASF**, Petrolina, PE, v. 7, n. 14, Dez, 2017.

LIMA, U. A; AQUARONE, E; BORZANI, W; SCHIMIDELL, W. **Biotechnology Industrial**, São Paulo, SP: Blucher. 2001.

LOPES, C. H; GABRIEL, A. V. M. A; BORGS, M. T. M. R. **Produção de etanol a partir da cana-de-açúcar**: tecnologia de produção de etanol. UAB-UFSCar: São Carlos. 2011. Disponível em: http://livresaber.sead.ufscar.br:8080/jspui/bitstream/123456789/2669/1/TS_Claudio_PrducaoEtanol.pdf. Acesso em: 20 de maio 2018.

MACEDO, F. L; SANTANA, I. S; DANTAS, J. M. Ensinando Química de Forma Contextualizada a Partir da Fermentação Alcoólica do Suco de Caju. In **XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI)**. (p. 1 – 8). Salvador, BA. 2012.

MARAFON, A.C. Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Documents (INFOTECA-E)**, 2012.

MENEZES, J. A. S. **Aspectos físicos e químicos do caldo de cana de açúcar que afetam a capacidade fermentativa das células de levedura**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

MOLINI, A. M. **O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense produção didático-pedagógica: Etanol – Álcool Multifuncional**. Um Estudo Investigativo Através da Experimentação. V.II. Cadernos PDE, Secretaria de Estado da Educação – PR. 2010. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2009_uel_quimica_md_ana_maria_molini.pdf. Acesso em: 14 de junho 2018.

MORAES, A. F. D; FIGUEIREDO, M. G; OLIVEIRA, F. C. R. Migração de trabalhadores na lavoura canavieira paulista: uma investigação dos impactos sócio-econômicos nas cidades de Pedra Branca, Estado do Ceará, e de Leme, Estado de São Paulo. **Revista de Economia Agrícola**, v. 56, n. 2, p. 21-35, 2009.

MORAES, A. F. D. M; FIGUEIREDO, M. G. Migração Espontânea de Trabalhadores no Setor Sucroalcooleiro. *In: 46º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*. Piracicaba, SP, 2008.

MOTA, F. A. C; MESQUITA, D. W. O; FARIAS, S. A. Uso de Materiais Alternativos no Ensino de Química: O Aluno Como Sujeito Ativo no Processo de Ensino e Aprendizagem. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC*. (p. 1 – 8) Águas de Lindóia, SP, 2016.

NETO, H. F. S; PAULI, F. A; TASSO JUNIOR, L. C; MARQUES, M. O. Porcentagem de sacarose aparente e potencial produtivo de açúcar em cultivares de cana. **Scientia Agropecuaria**, v. 5, n. 1, p. 53-58, 2014.

NOGUEIRA, N. R. **Pedagogia dos projetos: uma Jornada interdisciplinar rumo ao desenvolvimento das múltiplas inteligências**. 7. ed. São Paulo: Érica, 2007.

OLIVEIRA, E, N, S; TERÁN, A, F. Práticas educativas interdisciplinares no ensino médio usando elementos da natureza. **Revista REAMEC**, Cuiabá –MT, v. 7, n. 3, set/dez, 2019.

OLIVEIRA, L; BARROCAS, R. **Vantagens e desvantagens na queimada da cana, no estado de São Paulo, Brasil**. 2008. Retrieved from <http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal8/Geografiasocioeconomicas/Geografiaagricola/04.pdf>. Acesso em: 28 de março 2018.

PIMENTEL, C. Metabolismo de Carbono de Plantas Cultivadas e o Aumento de CO₂ e de O₃ Atmosférico: Situação e Previsões. **Bragantia**, v. 70, n. 1, 2011.

PIRES, M. F. C. Multidisciplinaridade, Interdisciplinaridade e Transdisciplinaridade no Ensino. *Interface-Comunicação, Saúde, Educação*, [s.l.], v. 2, n. 2, p. 173-182, fev. 1998. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1414-32831998000100010>.

RANGEL, J. J. A; AZEVEDO, L. R; FRANCISCO, L. E. S; CUNHA. A. P; VIANA, D. S. Análise do Sistema de Recepção de Cana-de-açúcar no Pátio de uma Usina. *In:*

XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção: a engenharia de produção e o desenvolvimento sustentável: integrando tecnologia e gestão. (p. 15) Salvador – BA. 2009.

RIBEIRO, C. A. F; BLUMER, S. A. G; HORII, J. **Fundamentos de tecnologia sucroalcooleira:** tecnologia do açúcar. Universidade de São Paulo–Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”–Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, 1999.

ROMÃO JÚNIOR, R. A. **Análise da viabilidade do aproveitamento da palha da cana de açúcar para cogeração de energia numa usina sucroalcooleira.** 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de São Paulo - Ilha Solteira.

ROSSETTO, R; SANTIAGO, A. D. Corte. **Ageitec - Agência Embrapa de Informação Tecnológica.** 2018. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_98_22122006154841.html. Acesso em: 29 de março 2018.

ROSSETTO, R. Implicações. **Ageitec - Agência Embrapa de Informação Tecnológica.** 2018. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_93_22122006154841.html. Acesso em: 13 de abril 2018.

SANTANA, T. M. S. S. Importância da Aula Prática na Aprendizagem de Fermentação Alcolóica. *In: III Congresso Internacional das Licenciaturas COINTER.* (p. 1 – 8). Vitória de Santo Antão, PE. 2016.

SANTIAGO, A. D; IVO, W. M. P. M; BARBOSA, G. V. S; ROSSETO, R. Impulsionando a Produtividade e a Produção Agrícola da Cana-de-Açúcar no Brasil. *In: Workshop Internacional Sobre Desenvolvimento da Agricultura Tropical.* (p. 1 - 4.). Brasília, DF. 2006.

SANTOS, L. A. O; FREITAS, R. A; RISSO, N. M. S; MIHSFELDT, L. H. Impacto da Queimada da Palha de Cana-de-açúcar sobre Populações de Artrópodes Edáficos. **FAZU em Revista**, n. 10, 2013.

SARTORI, E. R; BATISTA, E. F; SANTOS, V. B; FATIBELLO-FILHO, O. Construção e aplicação de um destilador como alternativa simples e criativa para a compreensão dos fenômenos ocorridos no processo de destilação. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 1, p. 55-57, 2009.

SILVA, A. J. F. S; FERNANDES, E. L; SILVA, E. E; LIMA, A. S; TAVARES, L. L. P; ROCHA, R. C. C. L. Produção de etanol a partir da cana de açúcar como estratégia didática na compreensão de conteúdos específicos de química. *In: 53º Congresso Brasileiro de Química.* (1 – 15). Rio de Janeiro, RJ. 2013.

SILVA, F. I. C; GARCIA, A. Colheita mecânica e manual da cana-de-açúcar: histórico e análise. **Nucleus**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 133-247, 20 abr. 2009. Fundação Educacional de Ituverava. <http://dx.doi.org/10.3738/1982.2278.149>.

SILVA, G. A; SILVA, C. O. Migrantes: uma análise dos impactos da mecanização nos locais de destino dos trabalhadores canavieiros. **OKARA: geografia em debate**, v. 10, n. 1, p. 151-170, 2016.

SILVA, J. A. R. **Desenvolvimento de um modelo de simulação para auxiliar o gerenciamento de sistemas de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar**. 2006. Dissertação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

SILVA, J. P. N; SILVA, M. R. N. **Noções da cultura da cana-de-açúcar**. 2012. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS. Disponível em: http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifgo/tecnico_acucar_alcool/nocoos_cultura_cana_acucar.pdf. Acesso em: 27 de outubro 2018.

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

SOUSA, P. N; SCUR, G; SOUZA, R. C. Panorama da cadeia produtiva do etanol no brasil: gargalos e proposições para seu desenvolvimento. **Revista GEPROS**, v. 7, n. 3, p. 145, 2012.

THIESEN, J. S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 39, 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-24782008000300010>.

TORQUATO, S. A. Mecanização da colheita da cana-de-açúcar: benefícios ambientais e impactos na mudança do emprego no campo em São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 29, p. 49-62, 2013.

Enviado em: 19/06/2019.

Aceito em: 11/04/2020.

Publicado em: 27/05/2020.

Como referenciar este artigo:

SILVA Izabeli Batista Girarducci da; MARESTONI, Luiz Diego. Produção do etanol de cana-de-açúcar como tema interdisciplinar no ensino médio. **EDUCA - Revista Multidisciplinar em Educação**, Porto Velho, v, 7, p. 532-552, jan./dez., 2020. DOI: 10.26568/2359-2087.2020.4296. Disponível em: <http://www.periodicos.unir.br/index.php/EDUCA/issue/archive>. e-ISSN: 2359-2087