



**Universidade de Brasília (UnB)
Curso de Especialização em Ensino de Ciências
(Ciência é 10)**

**A FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA EM UMA
ABORDAGEM DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO**

**Orientando: Lucas Bernardes
Orientadora: Prof. Ms. Ingrid de Sousa Rodrigues Duarte**

Brasília-DF

2021

LUCAS BERNARDES

**A FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA EM UMA ABORDAGEM DE ENSINO POR
INVESTIGAÇÃO**

Monografia submetida ao curso de pós-graduação *lato sensu* (especialização) em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do certificado de conclusão.

Orientador(a): Prof. Ms. Ingrid De
Sousa Rodrigues Duarte

**Brasília-DF
2021**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

BB522f Bernardes, Lucas
 A Fermentação alccólica em uma abordagem de ensino por
investigação / Lucas Bernardes; orientador Ingrid de Sousa
Rodrigues Duarte. -- Brasília, 2021.
 30 p.

 Monografia (Especialização - Ciência é 10) --
Universidade de Brasília, 2021.

 1. Ensino por investigação. 2. Aprendizagem. 3.
Investigação científica. I. Rodrigues Duarte, Ingrid de
Sousa, orient. II. Título.



A FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA EM UMA ABORDAGEM DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

ALCOHOLIC FERMENTATION IN AN APPROACH OF TEACHING BY RESEARCH

Lucas Bernardes

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do certificado de conclusão do curso de especialização em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, em (data da aprovação 13/11/2021), apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof. (Msc.): Ingrid de Sousa Rodrigues Duarte, UnB
Orientador(a)

Prof. (Msc.): Débora Cristina Araújo Miguel, UnB
Membro Convidado

Prof. (Dr.): Eleandro Adir Philippsen, UEG
Membro Convidado

Brasília-DF
2021

RESUMO

O processo de ensino por investigação apresenta potencial para o desenvolvimento da aprendizagem efetiva, ainda mais quando a abordagem é sobre a fermentação alcoólica. A degradação de moléculas complexas em moléculas mais simples como o álcool é importante não somente para o agronegócio (principal atividade econômica local), como também por ser considerado tema relevante para aulas de Ciências da Natureza. Esta temática viabiliza o objetivo do trabalho, que é descrever a proposta metodológica para o ensino de Ciência, considerando a apropriação dos conceitos de transformação química, para uma maior valorização da participação ativa dos estudantes durante a aprendizagem. A descrição é parte de uma pesquisa realizada com estudantes da segunda série do ensino médio de uma escola pública de Goiânia. Análise qualitativa do discurso proveniente das interações e da aplicação de atividades durante os momentos pedagógicos de Delizoicov e Muechen, indicam o exercício da função protagonista pelo discente. Acredita-se que as discussões despertaram o interesse e a interação do estudante com o fenômeno estudado, levantando hipóteses e questionamentos durante o evento. Foi possível constatar que a realização do ensino por descobertas exige um planejamento minucioso e sempre atualizado, para promover a apropriação da linguagem científica do discente através da mediação docente.

Palavras-chave: ensino por investigação; aprendizagem; fermentação alcoólica

ABSTRACT

The teaching process by investigation has potential for the development of effective learning, even more when the approach is about alcoholic fermentation. The degradation of complex molecules into simpler molecules such as alcohol is important not only for agribusiness (the main local economic activity), but also because it is considered a relevant topic for Nature Science classes. This theme enables the objective of the work, which is to describe the methodological proposal for the teaching of Science, considering the appropriation of the concepts of chemical transformation, for a greater appreciation of the active participation of students during learning. The description is part of a survey carried out with second grade high school students at a public school in Goiânia. Qualitative analysis of the discourse arising from interactions and application of activities during the pedagogical moments of Delizoicov and Muechen, indicate the exercise of the protagonist role by the student. It is believed that the discussions aroused the student's interest and interaction with the phenomenon studied, raising hypotheses and questions during the event. It was possible to observe that the realization of teaching based on discoveries requires meticulous and always up-to-date planning, in order to promote the appropriation of the scientific language of the student through teacher mediation.

Keywords: teaching by inquiry; learning; alcoholic fermentation

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
1.1 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO.....	13
1.2 FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA.....	14
2 METODOLOGIA	17
2.1 ETAPA 1 - QUESTIONÁRIO INICIAL.....	18
2.2 ETAPA 2 - ATIVIDADES PRÁTICAS-EXPERIMENTAIS.....	18
2.3 ETAPA 3 - APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO FINAL.....	18
4 RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS	19
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
6 REFERÊNCIAS	28

INTRODUÇÃO

A fermentação alcoólica é a degradação anaeróbia da glicose em piruvato, sendo este último convertido em etanol e energia armazenada na adenosina trifosfato. Foi descoberta por Louis Pasteur em 1850, mas o processo foi elucidado por Eduard Buchner em 1897.

As aplicações da mesma são diversas: na panificação, produção de bebidas, sanitizantes, medicamentos e combustíveis. Então, apresenta grande importância até no processo educacional. Porém, as propostas de ensino vigentes não possibilitam uma aprendizagem efetiva sobre fermentação alcoólica, pois não promovem as interações necessárias para tratar conceitos necessários durante a compreensão da temática (MARTINS; OLIVEIRA, 2021).

Diante disto, desenvolver aulas mais atrativas proporciona uma maior participação do estudante na construção dos conceitos científicos a fim de retratar uma apropriação da linguagem científica.

Nesta perspectiva, o ensino de ciências por investigação pode estimular nos estudantes o raciocínio, a cooperação e as habilidades cognitivas (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo a apropriação da linguagem científica dos estudantes em atividades investigativas por meio das discussões de suas potencialidades e compreensão da importância da fermentação alcoólica, uma vez que o município tem como a principal atividade econômica o agronegócio.

As atividades econômicas, bem como contextos social e político, promoveram mudanças nas perspectivas para o ensino-aprendizagem. Atualmente, contexto de quarto ciclo da revolução industrial nas economias, isolamento e distanciamento sociais prolongados pela desorganizada política pública de vacinas, promoveram mudanças tecnológicas educacionais.

No século XIX, a influência notória da indústria 1.0 sobre as economias europeia e estadunidense ocasionou diversas metodologias de ensino como as práticas por investigação (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Segundo CREMASCO (2010, p.74), as indústrias ficaram ávidas por mão de obra qualificada voltada ao trabalho nos recém-criados laboratórios de P & D, após o governo alemão promulgar a lei de patentes. Para atender ao anelo dos estudantes e das indústrias, transcorreu um aumento quantitativo das instituições de ensino.

Estas instituições tiveram um salto qualitativo no uso de novas metodologias, dentre as quais o ensino por investigação.

O pedagogo e filósofo John Dewey foi um dos especialistas que mais contribuíram na consolidação da perspectiva de ensino por investigação. As concepções de Dewey atreladas ao cognitivismo e às interações socioculturais influenciam o sistema educacional do Brasil (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

A partir da década de 70 foi lançado o Proálcool pelo governo federal com o objetivo de incentivar a produção de álcool como combustível com vista às necessidades do mercado interno e externo e da política de combustíveis veiculares.

A temática “*Produção mais limpa de álcool com redução do impacto ambiental*” torna-se adequada para a prática investigativa, pois está relacionada à atividade economicamente pujante no Brasil e mais especificamente, no Estado de Goiás: a agroindústria sucroalcooleira (SEAPA-GO, 2020). Ao redor dessa, orbitam os setores de comércio e serviços, geradores de empregos diretos e indiretos para os jovens.

Por ser um tema relevante ao agronegócio, consonante à abordagem caracterizada em artigos revisionais e indicada no documento normatizador (BNCC), o objetivo deste trabalho é atrair atenção e instigar a participação do estudante, possibilitando-o evidenciar o recorrente e conjecturar hipóteses sobre os efeitos de temperatura, pH e concentração num meio onde há carboidratos e fungos fermentativos, argumentar pelo conhecimento científico, tanto com seus pares quanto com o professor, elaborar conhecimento consensual ao interagir e discutir com a coletividade; ter favorabilidade na aprendizagem por projeto.

Desta maneira, o aluno torna-se o protagonista na construção do conhecimento coletivo e individual, bem diferente do que acontece no ensino convencional, no qual o discente é receptor, espectador, e o docente exerce a função de mediador do conhecimento.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A categoria de “fabricação de materiais oriundos da cana” é economicamente pujante, o que desperta a curiosidade pela sua produção e é digna de uma prática investigativa preconizada pela Base Nacional Curricular Comum (BNCC), envolvendo variáveis interferentes, num mundo em que um dos desafios é maximizar a produção

e minimizar o impacto ambiental. Para solucionar esta questão-problema, é necessário sistematizar o conhecimento sobre pH, temperatura e concentração. Para tanto, o itinerário formativo Ciências da Natureza pode-se valer da investigação científica ou práticas de investigação como um dos eixos estruturantes:

“I – Investigação científica: supõe o aprofundamento de conceitos fundantes das ciências para a interpretação de ideias, fenômenos e processos para serem utilizados em procedimentos de investigação voltados ao enfrentamento de situações cotidianas e demandas locais e coletivas, e a proposição de intervenções que considerem o desenvolvimento local e a melhoria da qualidade de vida da comunidade” (BRASIL, 2018, p. 480);

Além de ser realizada durante as 1200 horas destinadas aos itinerários formativos, a investigação científica pode ser preliminarmente realizada durante as 1800 horas constituintes da base ou matriz curricular, formada pelo componente “Ciências da Natureza (CN)” que apresenta o seguinte tema na BNCC:

“CNQU3MOA014 – Estudar a produção de álcool e biodiesel e seus impactos ambientais. Exemplo: Estudo do contexto histórico da criação do Proálcool no Brasil e a sua importância econômica para o país; a pesquisa sobre obtenção de biodiesel (matérias primas, processo de produção, uso da catalisadores) e os seus aspectos econômicos. Comparação entre a utilização como combustível de diesel e biodiesel. Estudo dos impactos ambientais na produção desses combustíveis e em sua utilização” (BRASIL, 2015, p. 233).

Além da reformulação conceitual das variáveis na prática investigativa, pode-se ter o conhecimento sobre os efeitos provocados ao meio ambiente devido às relações entre elas durante a ação antrópica. Isso é amparado até pelo documento oficial da BNCC, no qual são mostradas as habilidades 01 e 05 da competência específica da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) :

“(EM13CNT101) - Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas” (BRASIL, 2018, p. 555).

“(EM13CNT105) - Analisar a ciclagem de elementos químicos no solo, na água, na atmosfera e nos seres vivos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida” (BRASIL, 2018, p. 555).

Para fortalecer e justificar o emprego do tema em uma aula com abordagem investigativa, foi feita a análise qualitativa do discurso extraído do encontro gravado.

A realização de procedimentos experimentais simplifica o aprendizado que é teorizado de maneira complexa nos livros didáticos. A ação nos experimentos propicia a formação de pensamentos, permite o protagonismo e, conseqüentemente, a aprendizagem do indivíduo. A ação do estudante protagonista diminui a distância entre ele e o conhecimento científico (DE SALES; DA SILVA, 2010).

Ao realizar a prática experimental que faz parte do planejamento do professor mediador, o estudante protagonista adquire a habilidade de problematizar, de pensar sobre as evidências; de elaborar hipóteses, de analisar dados qualitativos e quantitativos, para testar as hipóteses; de comparar o conhecimento científico com as hipóteses, de elaborar argumentação para explicar a hipótese com base no conhecimento científico, de realizar a arguição e de propiciar a interação e construção coletiva do conhecimento (PÉREZ; VALDÉS, 1996).

A prática experimental pode ser inserida em uma das três fases, que bem se assemelham aos momentos didáticos, segundo Muechen e Delizoicov (2012,p.2) a seguir:

1ª - problematização inicial: utilizada para instigar ou despertar o interesse, ao permitir com que o indivíduo adquira conhecimento para entender o fenômeno. É período para verificação dos conhecimentos prévios;

2ª - organização do conhecimento: momento em que se pode realizar a prática experimental, onde o estudante pesquisa, busca as informações, enquanto o professor pode expor o conhecimento científico, sem solucionar a problemática;

3ª - Aplicação do conhecimento: momento em que o estudante pode realizar a prática experimental detectando evidências, propondo hipóteses, associando hipóteses ao conhecimento científico, realizando a argumentação e a expondo.

Assim, a aprendizagem torna-se um processo contínuo e ativo de aquisição de conhecimento, pois motiva ao aprendiz produzir novo significado às variáveis interferentes numa aula cujo tema é fermentação alcoólica numa abordagem de ensino por investigação.

1.1 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

A aula sobre fermentação alcoólica por meio do processo de ensino por investigação, foi antecedida por um planejamento (SASSERON, 2013), que abarcou a formulação de problematizações principal e secundária, como: “De que forma pode-se produzir efetivamente o álcool via fermentação, amenizando o impacto ambiental?”

O planejamento também abrangeu a elaboração de vídeos de curta duração e em cada um foi mostrado o efeito da temperatura, potencial hidrogeniônico e concentração sobre a fermentação alcoólica, bem como as relações entre as variáveis citadas.

A elaboração de vídeos curtos visava destinar um tempo maior de produtividade durante a sistematização do conhecimento. Para isso, perguntas ou problematizações secundárias foram feitas para que, após a exposição dos mini vídeos, houvesse motivação para resolução do problema, interação entre os estudantes e possibilidade da divulgação científica a respeito da fermentação alcoólica.

Durante o planejamento, foi confeccionado o questionário para ser aplicado no início e no fim da prática investigativa sobre fermentação, como forma do estudante aplicar o conhecimento para verificação da ocorrência de aprendizado. Esse questionário continha perguntas sobre a classificação do processo fermentativo, bem como sobre temperatura, concentração e potencial hidrogeniônico (pH).

De maneira clara no princípio do evento, foram especificadas as etapas da aula aos estudantes: preenchimento de questionários no início e no final, observações dos vídeos relativos à fermentação e participação dos estudantes, já que a evolução da aula dependia desta interação.

Tendo o conhecimento sobre as concepções prévias por meio do questionário inicial, veio a problematização sobre produzir álcool eficientemente, amenizando o impacto ambiental (SASSERON,2013) (DELIZOICOV;MUECHEN,2012).Esta problematização foi contextualizada por meio de situações como “durante a falta do produto, pode-se produzi-lo por meio da fermentação”, “durante a falta de álcool combustível, como produzi-lo a fim de usá-lo até chegar ao posto de combustível mais próximo?” ou até ou “ durante a falta do álcool usado no preparo de um produto para

limpeza e assepsia, como realizar eficientemente a fermentação a fim de ter quantidade considerável de álcool ”.

Assim, houve a possibilidade de intercalar cada vídeo de prática experimental com a etapa de organização do conhecimento (DELIZOICOV; MUECHEN,2012), onde o aluno era motivado a participar do momento para resolver coletivamente, o problema secundário. Na primeira fase, o estudante assistia ao vídeo sobre o efeito da temperatura na fermentação, e era instigado a identificar a variável que provocou alteração no processo fermentativo. Na fase dois, o aprendiz também assistia ao vídeo em que se coloca gotas de limão sobre o meio onde ocorria a fermentação, para identificar a variável potencial hidrogeniônico e assim fazer a correlação do pH com a temperatura. Na terceira fase, havia demonstração do vídeo do efeito da concentração sobre a fermentação, e de outra pergunta que possibilitasse a participação do estudante, expressa na forma de evidências e justificativas baseadas em conhecimento científico, a fim de elaborar com os colegas, uma explicação para eficiência da fermentação alcoólica sob determinadas condições de temperatura, pH e concentração (SASSERON, 2013).

Por fim, ocorria o momento de aplicação do conhecimento, em que o estudante deveria demonstrar o aprendizado ao preencher o questionário acerca da aula sobre fermentação (DELIZOICOV;MUECHEN,2012).

1.2 FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

Elucidado por Eduard Buchner em 1897, o processo de fermentação alcoólica ocorre quando as enzimas favorecem a fermentação pelas leveduras e outros micro-organismos. Estes convertem a glicose em piruvato durante a glicólise. Após esta etapa, ocorre a conversão do piruvato em etanol pela ação sequencial das enzimas piruvato-descarboxilase e álcool-desidrogenase (COX & NELSON,2014).

A produção de álcool via fermentação é atividade importante ao agronegócio e, por conseguinte, à economia brasileira. Por isso, diversas pesquisas focaram na melhoria da fabricação em função de variáveis como temperatura e outras.

Grandes variações na temperatura de uma dorna para fermentação causam alterações na capacidade fermentativa, bem como no metabolismo em geral (AMARAL, 2009). No início da safra, quando a temperatura ambiente está abaixo de

vinte graus Celsius, é preciso aquecer a dorna para aumentar rendimento da fermentação alcoólica (PARENTE NOGUEIRA; VENTURINI FILHO, 2005) (APARECIDO PEREIRA; MACRI VIEIRA & ZERBINATTI GIMENEZ, 2020) e a consequência é o aumento no grau de agitação das partículas, já que aumenta o número de colisões efetivas. No decorrer da safra, quando a temperatura ambiente aumenta, não é preciso aquecer a dorna (STEINLE, 2013). Então, é importante promover mudanças na temperatura do experimento, permitindo que o estudante perceba a influência dessa variável.

Em procedimento experimental, quando ocorre elevação de temperatura acima das condições adequadas para um organismo mesófilo, esse experimento pode fazer com que o estudante perceba o que é a variável a partir de sua influência no meio.

De acordo com a literatura científica sobre o estado da arte de produção do álcool, as leveduras competem com as bactérias pelo glicídio, diminuindo a oferta deste carboidrato em meios onde a temperatura está acima de 35 °C. Além disso, altas temperaturas podem desnaturar as proteínas ou, mais especificamente, as enzimas fermentativas (GÓES-FAVONI; MONTEIRO & DORTA, 2018) . Isso acarreta diminuição do crescimento populacional e no tamanho celular, devido à baixa atividade metabólica.

Então, percebe-se que temperaturas abaixo de 20 °C e acima de 35 °C diminuem o rendimento fermentativo. O estado da arte na produção do álcool considera que a temperatura ideal para uma fermentação eficiente é de 30 °C (PEREIRA; VIEIRA & GIMENEZ, 2020).

Então, para fazer com que o estudante perceba o que a temperatura é através da influência dela sobre o meio, pode-se fazer a seguinte pergunta durante a prática: o que causou e o que ocorreu no experimento para diminuição na produção do álcool ?

Além da temperatura, o potencial hidrogeniônico (pH) é uma variável relevante tanto na fermentação alcoólica, quanto na prática investigativa com essa temática.

Na prática investigativa sobre maximização da fermentação etílica, o potencial hidrogeniônico (pH) é uma variável relevante (LIMA, BASSO & VIANNA, 2001). O acréscimo de extrato de limão ou qualquer outra fruta cítrica ao meio pode levar o estudante a evidenciar e associar a hipótese ao conhecimento científico de que, quando o pH está baixo, o meio está ácido e pouco favorável à ação bacteriana sobre

os carboidratos (APARECIDO et al,2020), isso faz aumentar o rendimento da produção alcoólica.

A demonstração experimental, que é a de acréscimo considerável de extrato de fruta cítrica ao meio, leva o estudante à percepção da diminuição no rendimento da fermentação etílica. O conhecimento científico revela que em meio de pH baixíssimo, a membrana celular dos fungos se torna permeável aos ácidos orgânicos. Além disso, ocorre aumento da sensibilidade celular ao etanol e ao dióxido de enxofre ou ânion sulfito $[(SO_2)^{-1}]$, inibindo o metabolismo da levedura (LIMA; BASSO & VIANNA, 2001) (NAVES; FERNANDES & PINTO,2010).

Portanto, a importância do pH na fermentação etílica está na amenização da contaminação bacteriana, na cinética do processo químico e no crescimento celular (SANTOS; BORÉM & CALDAS, 2013).

Neste caso, para fazer com que o estudante perceba a influência do pH sobre o meio, pode-se fazer a seguinte pergunta durante a prática : o acréscimo de extrato de limão provocou mudança no meio? Quais foram as consequências desta mudança sobre a levedura e os açúcares para fermentação ?

Não somente a temperatura e potencial hidrogeniônico (pH), como a concentração também modifica a fermentação alcoólica.

A mudança na quantidade de açúcar fica bastante evidente no meio fermentativo, pois provoca diminuição do rendimento durante a prática experimental. Assim, o estudante pode criar hipóteses com sustentação teórica, como a de que o aumento na concentração afeta o metabolismo da *Saccharomyces cerevisiae* (BOSQUEIRO, 2010), conforme demonstrado pela queda da taxa de fermentação e crescimento populacional (SANTOS; BORÉM & CALDAS, 2013). Além disso, ocorrem perdas de água e mobilidade pela célula (MONTEIRO, 2015).

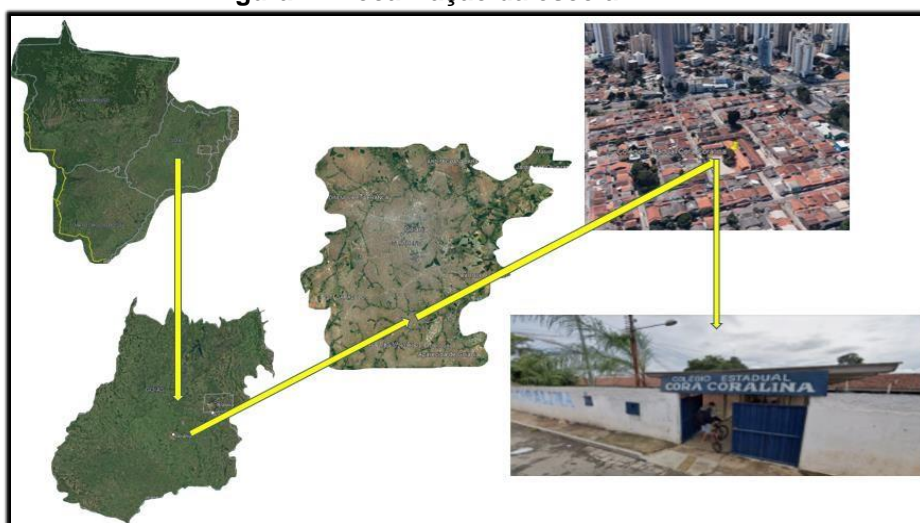
É bastante evidente também a alteração na concentração de fermento no meio que, de acordo com a literatura científica, aumenta a rapidez do processo, a competição por nutrientes e a redução no tamanho das leveduras e na quantidade de bactérias contaminantes (LIMA; BASSO & VIANNA, 2001) (NAVES; FERNANDES & PINTO,2010).

Observado o procedimento experimental, o estudante poderá evidenciar, significar ou ressignificar por meio da seguinte problematização: quais foram as consequências de um meio de volume constante, com o aumento ou diminuição das quantidades ?

2 METODOLOGIA

A atividade foi aplicada em uma instituição de ensino pública, da cidade de Goiânia-GO, na 2ª série do ensino médio no turno matutino, num total de 2 aulas de 45 minutos. A escola situa-se em uma região urbana com aproximadamente 105 estudantes matriculados na 2ª série do ensino médio. Dentre os alunos das turmas de 2ª série, apenas 18 estudantes participaram das atividades propostas, tanto de forma presencial quanto no ensino remoto.

Figura 1 - Localização da escola.



Fonte: Google Earth

A abordagem deste trabalho é qualitativa, pois apresenta aspectos subjetivos do comportamento humano e preconiza que é preciso penetrar no universo conceitual dos sujeitos para poder entender como e que tipo de sentido eles dão aos acontecimentos e às interações que ocorrem em sua vida diária (ANDRÉ, 1995)

As atividades foram organizadas em uma sequência didática e aplicadas nas seguintes etapas:

1. Levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes através do formulário Google Forms;
2. Realização de atividades prático-experimentais associadas à concentração, às temperaturas maiores que 30° C (298K) e ao potencial hidrogeniônico;
3. Aplicação do questionário, via *Google Forms*, para verificar a aprendizagem do estudante.

2.1 ETAPA 1 - QUESTIONÁRIO INICIAL

Nessa etapa, propôs aos estudantes a resolução de um questionário inicial que tem por objetivo fazer uma avaliação qualitativa dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre a fermentação.

O questionário eletrônico tem 09 questões para os estudantes responderem (vide APÊNDICE A). Após o levantamento das concepções prévias por meio do questionário, ocorreu o debate das questões e sobre as possíveis respostas, durante a visualização de vídeos dos 03 experimentos.

2.2 ETAPA 2 - ATIVIDADES PRÁTICAS-EXPERIMENTAIS

Na segunda etapa, realizaram-se 03 atividades experimentais com auxílio de fermento e água açucarada (APÊNDICE B). Para o primeiro experimento, foi aumentada a quantidade de açúcar a fim de demonstrar o efeito do aumento da concentração.

Usando dois frascos, foi demonstrado o efeito das temperaturas no segundo experimento.

Já no terceiro experimento, gotas de limão foram acrescentadas à água com açúcar e fermento biológico, para demonstrar o efeito do potencial hidrogeniônico na fermentação alcoólica.

2.3 ETAPA 3 - APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO FINAL

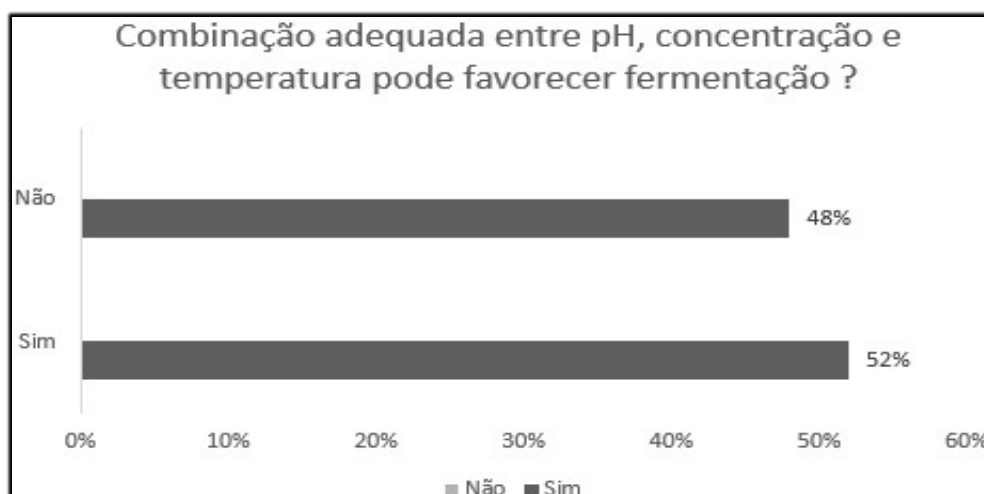
Após a sistematização realizada com auxílio de recursos audiovisuais, foi proposto aos estudantes, a resolução de questionário final para verificar o aprendizado dos estudantes.

4 RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS

Antes e após discussão, estudantes acessaram os formulários eletrônicos, formados por perguntas relacionadas à fermentação alcoólica (Anexo A).

A primeira questão foi sobre como potencializar a produção de álcool. No início, somente 11% dos 18 discentes apontaram que deve haver uma combinação próxima do ideal entre temperatura, concentração e pH. No final da aula, cinquenta por cento do total demonstraram que deveria haver uma sinergia entre as variáveis para a fermentação atingir o estado da arte de produção do etanol, como mostra o gráfico 1 abaixo:

Gráfico 1 – Gráfico do questionário final, indicando a percepção sobre condição da fermentação.

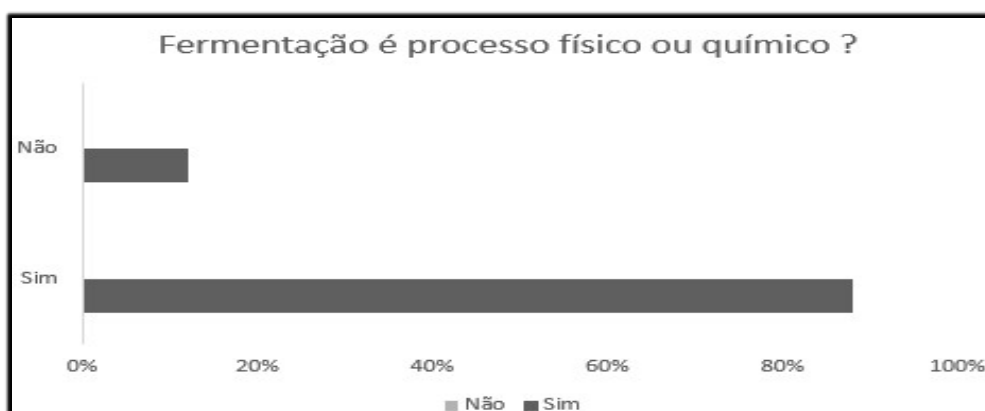


Fonte: Elaborada pelo autor, (2021).

A primeira questão dos questionários revelou que pouco mais da metade da turma conseguiu perceber que não basta atingir condições satisfatórias através de uma única variável. Criaram, por meio de observações, evidências de que é necessário ter sinergia das condições otimizadas das variáveis, para atingir um resultado satisfatório na produção alcoólica. O percentual demonstra que não houve emprego tão eficaz do processo de ensino por investigação pelo mediador, e nem um grande interesse dos estudantes para uma aula com metodologia diferente da tradicional. Foi percebido também que pouquíssimos estudantes nem observaram completamente os experimentos.

Já na segunda questão, referente à classificação da fermentação em processos físico ou químico, quatro, dentre os dezoito estudantes, apresentaram sólido conhecimento ao indicarem que fermentação é um processo químico. No desfecho do encontro, dezesseis, dentre os dezoito estudantes, classificaram adequadamente a fermentação alcoólica.

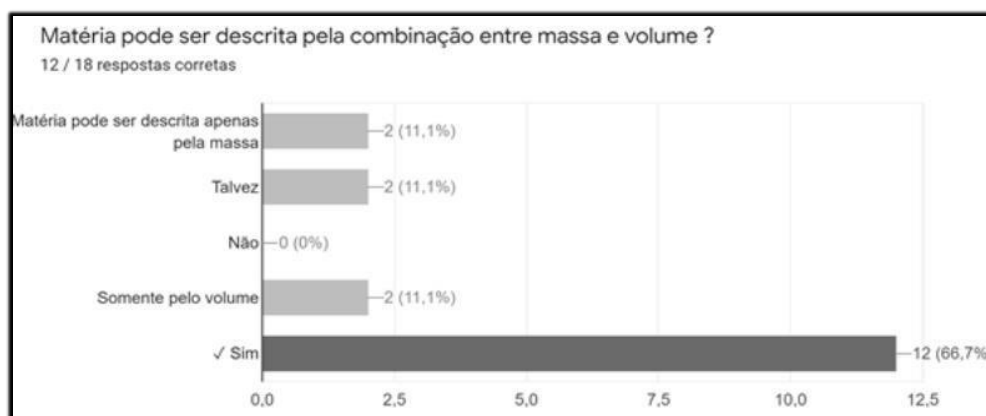
Gráfico 2 – Percepção dos estudantes sobre processos.



Fonte: Elaborada pelo autor, (2021).

Na terceira questão, em que era necessário determinar de qual grupo as leveduras pertencem, não houve distinção entre as respostas dadas nos formulários preenchidos no início e no fim da aula.

Gráfico 3 – Classificação da levedura concebida pelos estudantes.

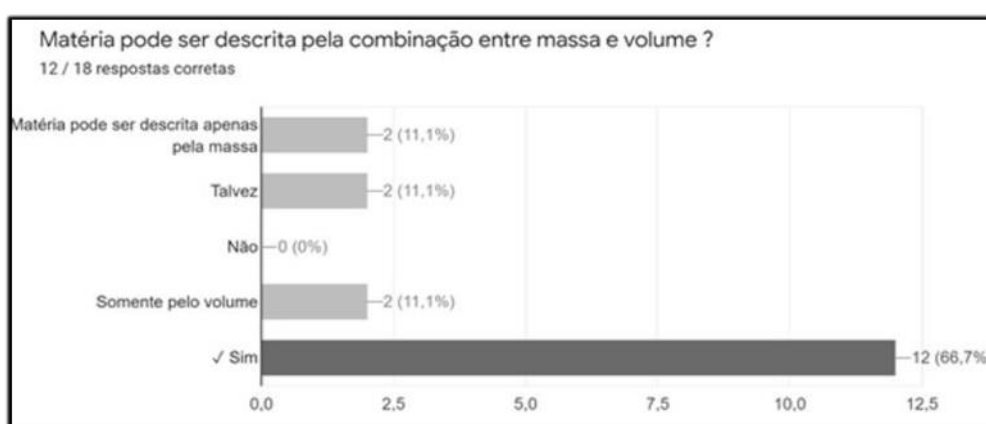


Fonte: Formulário Google do autor, (2021)

O resultado positivo na terceira questão indica conhecimento consolidado na estrutura cognitiva do aprendiz.

Na quarta questão, relativa à caracterização da matéria, somente dois estudantes responderam adequadamente o formulário inicial. Já no formulário final, o número de alunos que deram respostas adequadas sextuplicou, passando a ser seiscentos por cento maior (600%) com relação ao número de estudantes que preencheram apropriadamente o formulário de conhecimentos prévios.

Gráfico 4 – Indicativo sobre caracterização da matéria na quarta questão.



Fonte: Formulário Google do autor, (2021)

A percepção de que o gás formado no processo químico preenchia o espaço não ocupado pela mistura líquida e o bocal da garrafa levou-os à ideia das características da matéria.

Fazendo referência sobre caracterização da matéria por meio da concentração, foi feito experimento alterando somente a quantidade de açúcar por volume, conforme indica a figura 1 abaixo:

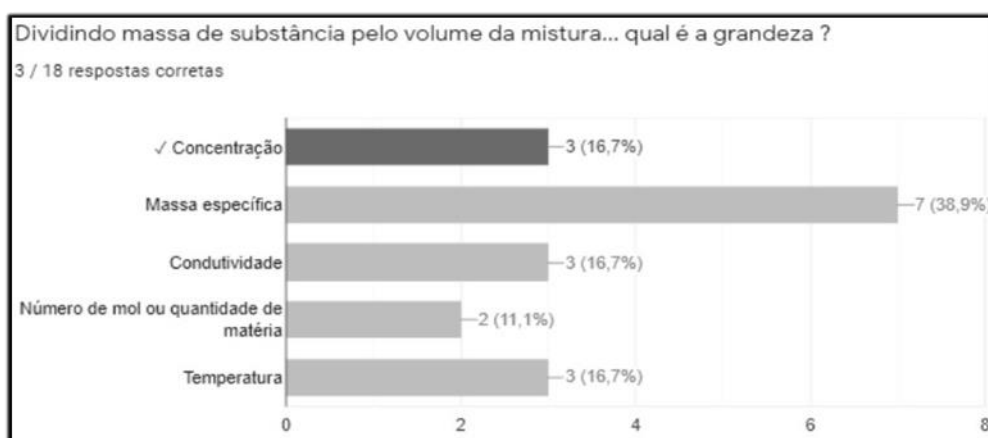
Figura 01- Fermentação com concentração alta de açúcar



Fonte: Elaborada pelo autor, (2021).

Na quinta questão, tanto antes quanto depois da aula, foram mostrados resultados que merecem atenção: no formulário inicial, somente 5% dos 18 estudantes identificaram a concentração. No formulário final, apenas 3 estudantes, do total de 18, conseguiram determinar que a massa presente no volume da mistura era concentração.

Gráfico 5 – Índice de assertividade relacionado à concentração



Fonte: Formulário Google do autor, (2021)

Um trecho do discurso entre professor (P) e aluno 1 (A1) analisado, indica ausência de resposta, comprovando que não houve aprendizagem efetiva sobre concentração:

P - O leite que foi colocado afeta a fermentação...para finalizar, o que é concentração? É algo que se tem num certo volume...é a massa de uma substância que se tem num certo volume

A1 - Seria proporção em massa?

P - Pode ser. Proporção em massa é uma das concentrações, mas a gente tem diversas. A gente tem concentração comum, molar... a gente tem diversas...título... A concentração afeta a produção do álcool? Sim, afeta. Por que ela afeta ?

Um planejamento que abrangesse a realização de experimentos simples envolvendo uma mesma substância em concentrações diferentes durante a aula, promoveria aprendizagem conceitual através da influência que a variável tem sobre o meio reacional. Isso tornaria o processo de ensino investigativo mais eficiente.

As aulas sobre concentração pelo método tradicional, durante o período de aulas remotas, contribuíram em quase nada no aprendizado do estudante. Esse é o motivo que fortalece a inserção da abordagem investigativa.

No segundo caso, foi mostrada a interferência dos diferentes valores de temperatura, conforme indica a figura 2 abaixo:

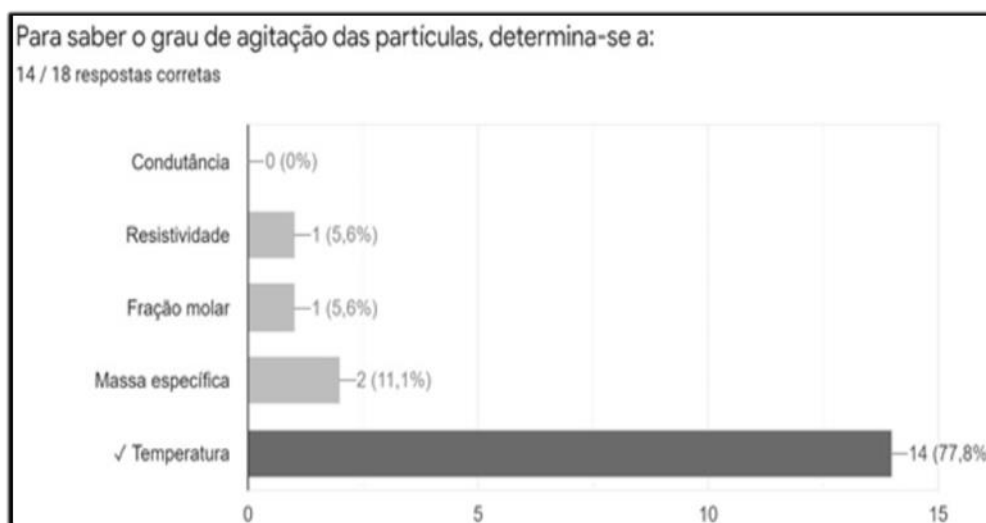
Figura 02- Fermentação com alteração da temperatura



Fonte: elaborada pelo autor, (2021).

Revelando resultado expressivo sobre temperatura, a sexta questão demonstrou resultado díspar com relação ao cômputo da quinta questão. No início, somente quatro, dentre dezoito estudantes, tinham a conceituação adequada. Ao final, esse número saltou para quatorze, dentre os dezoito.

Gráfico 6 – Resultado sobre conceituação de temperatura, pelos estudantes.



Fonte: Formulário Google do autor, (2021)

A sexta pergunta dos questionários, referente à temperatura, levou à percepção de que os estudantes compreenderam o que é temperatura através da influência da mesma sobre o sistema.

Num trecho do discurso, um dos estudantes chegou a dizer:

A2 - Dependendo da temperatura, a produção do álcool é afetada. Em algumas temperaturas menores com relação à condição ambiental, a produção pode ser afetada...

As evidências oriundas do experimento levaram-no à hipótese de que alguns valores diminuem o rendimento, e em outras há uma potencialização da fermentação.

O estudante ainda realizou uma pergunta:

A2—“...Se a temperatura ficar maior que 50°C, a fermentação pode ser afetada?”

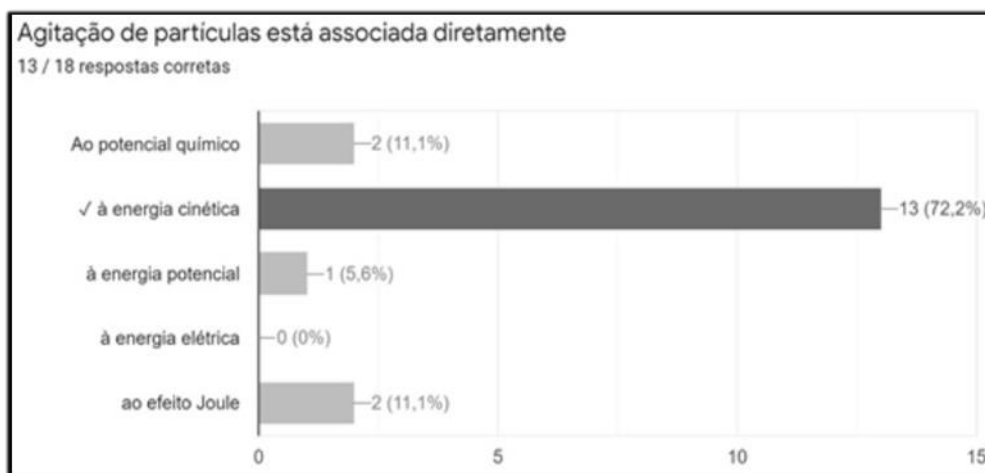
A pergunta acima revela que a prática investigativa instiga o estudante, levando-o a participar da aula, a ser um agente ativo na construção do conhecimento.

A pergunta do estudante acima foi direcionada ao professor. No entanto, após a reformulação da pergunta pelo professor, um outro estudante respondeu, revelando que entendeu sobre faixas de temperaturas adequadas para promover rendimento satisfatório:

P - ...até que ponto a temperatura pode chegar, até que medida a temperatura pode chegar para ocorrer, ainda assim, uma produção eficiente de álcool?
A1 - 35 °C.

A sétima questão permitiu verificar se é clara a relação entre temperatura e energia cinética para os discentes. O número de erros caiu de 72% para 27%.

Gráfico 7 – Acuidade dos estudantes sobre relação entre temperatura e energia cinética.



Fonte: Formulário Google do autor, (2021)

A evidência de que o gás preencheu mais rapidamente a garrafa fez os estudantes pensarem na hipótese do envolvimento da temperatura, que foi confirmada pela lembrança da relação dessa variável com a energia cinética, vislumbrada em estudo sobre teoria cinética dos gases.

Durante a sistematização, foi feito o experimento que alterou a acidez do meio, indicada através do potencial hidrogeniônico (pH), conforme figura 3 abaixo:

Figura 03- Experimento com alteração do pH



Fonte: Elaborada pelo autor, (2021).

A realização do experimento de temperatura semelhante e pH distinto ao teste anterior, possibilitou a resolução de alguns exercícios. A questão 8, referente ao que permite às causas da classificação do meio em básico ou ácido, mostrou que os erros despencaram de 88% para 66%, indicando um problema.

A questão 9 revelou conhecimento adequado sobre pH, já que cerca de 90% dos estudantes demonstraram conhecimento adequado sobre meio básico e ácido, equilíbrio iônico da água.

Após assistirem ao vídeo do experimento voltado para sistematização sobre o pH, foi feito um questionário que, de acordo com a assertividade da questão nove, observou-se significação e ressignificação expressivas que são comprovadas na transcrição do exercício da maioria dos alunos: “Meio ácido tem concentração de hidrogênio maior que concentração de hidroxila, tendo pH abaixo de 7, e meio básico tem o contrário, com pH acima de 7”. Além da comprovação observada no exercício, verificou-se também a consolidação do aprendizado confirmada por um pequeno trecho do diálogo, bem como a resolução da problematização:

P - ...Primeiro é feita a dissolução do açúcar pela água...coloca-se a solução na garrafa pet...depois acrescenta-se o fermento, gotas de limão e o balão no bocal.

A1 - Por que foram colocadas gotas de limão?

P - ...Ao compararmos o tempo para preencher o balão do terceiro experimento, com o tempo gasto de preenchimento do balão do segundo experimento, nota-se que o tempo do terceiro experimento é menor, mesmo a temperatura sendo igual à do sistema do segundo experimento...O que o limão tem que causar isso

A2 - Ácido !!

P - Então um meio adequado para a fermentação é um meio ácido, pois o limão tem ácido que facilita o processo. Por que o pH afeta essa fermentação? Como o pH influencia nesse processo de fermentação?

A3 - O limão ácido dá pH baixo...junto com o que tem dentro da garrafa... reagem (em combinação) na temperatura da água... isso ajuda a influenciar na fermentação.

A última fala demonstra que ficou evidente para os estudantes a necessidade de uma sinergia entre as variáveis temperatura, pH e concentração, mesmo que os estudantes não tivessem compreendido claramente sobre concentração através da prática experimental.

Resultados expressivos na maior parte das questões demonstram que a aprendizagem efetiva acontece quando o estudante se torna o protagonista, o construtor do conhecimento, através da mediação promovida pelo professor durante o processo de ensino investigativo.

A seguir, tem-se a transcrição fiel de um aluno de um aluno após assistir o experimento em uma aula gravada no qual ficou revelado alguns indícios do processo de ensino por investigação, demonstrando mais necessidade de aperfeiçoamento para propiciar maiores problematizações como:

A4: “Numa temperatura baixa, a fermentação ocorre de uma maneira mais lenta?”

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização do processo de ensino por investigação foi exitosa. A problematização instigou a participação dos estudantes durante a sistematização com experimentos gravados e visualizados por meio dos recursos midiáticos.

Após a aula, surgiram reflexões sobre os propósitos de inserção da investigação científica na BNCC. Um deles é que a didática investigativa permite ao estudante vislumbrar a ligação entre aprendizado escolar e trabalho.

Ponderações sobre prática investigativa e leitura da BNCC aduzem de que o eixo estruturante “investigação científica” perpassa por diversos itinerários formativos, possibilitando a criação de problematizações científicas que levam o indivíduo menos participativo ao posicionamento.

Por estruturar os itinerários, o processo de ensino por investigação facilita a implantação do novo ensino médio em curto intervalo de tempo e diminui gradativamente a realização do ensino tradicional. Já a implementação levará um tempo maior com relação ao da implantação, pois exige adaptação, um planejamento de aula mais detalhado, maior preparação técnica e experiência, para realizar a abordagem investigativa de uma maneira mais eficiente. Um exemplo disto é o planejamento do professor que não abordou eficazmente sobre “concentração”, impedindo o aprendizado. Este poderá ser eficaz com um planejamento bem elaborado, que contemple a realização de experimentos envolvendo concentrações diferentes, na qual estudantes colocam “mão na massa”.

Outra suposta razão de inserção na BNCC é que a maior parte das pesquisas científicas revela que ocorre uma aprendizagem através da aquisição de autonomia. Mesmo tendo ocorrido aprendizagem, alguns problemas no aprendizado talvez ocorram pela falta de compreensão das perguntas.

Devido à ocorrência predominante do método de ensino tradicional, há ainda uma dificuldade dos estudantes em participar das aulas. Porém, os estudantes já percebem que há uma possibilidade maior de participação, seja realizando problematizações, seja respondendo às perguntas.

Diante da adaptação dos estudantes à metodologia de ensino ainda pouco usada no Brasil, o processo de ensino apresenta enorme potencial para substituir o ensino convencional, possibilitando participação e cooperação entre os estudantes.

6 REFERÊNCIAS

ANDRÉ, M. E. D. A. *Etnografia da prática escolar*. Campinas: Papirus, 1995.

BOSQUEIRO, A. C. **Composição química da aguardente de cana-de-açúcar ao longo do processo de dupla destilação em alambique simples**. Orientador: André Ricardo Alcarde. 2010. 84 f. (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo, Piracicaba: 2010.

BRASIL; Base Nacional Comum Curricular. Disponível em : http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit e.pdf . 15 de dezembro de 2017.

CAMPOS, L. A. de Almeida, REIS, R. S. de Melo, W. S. dos, OLIVEIRA R. M., & SILVA, G. Oliveira. **Relato de Experiência: observação do comportamento dos alunos na vivência de uma aula Prática de Fermentação**. Carmo, S.; Schimn, E. S. (2008) O ensino da biologia através da experimentação. In: Dia a Dia Educação. p. 1-19.

CREMASCO, M. A. **Vale a pena estudar Engenharia Química**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 2010

FERREIRA NAVES, R. et al. **Contaminação microbiana nas etapas de processamento e sua influência no rendimento fermentativo em usina alcooleira**. Jandaia, v.06, 2010

GIL PÉREZ, D.; VALDÉS CASTRO, P. **La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo**. Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas, v. 14, n. 2, 12 jan. 1996.

GÓES-FAVONI, S. P. DE et al. **Fermentação alcoólica na produção de etanol e os fatores determinantes do rendimento**. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*. Sergipe, v. 9, n. 4, 23 de maio de 2018.

LIMA, U., BASSO, L., & H. A. **Produção de etanol: Biotecnologia industrial: processos fermentativos e enzimáticos.** São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 2001.

MARTINS, D. C.; OLIVEIRA, S. G. T. **O ensino de ciências por investigação como estratégia para a promoção da alfabetização científica acerca da fermentação alcoólica.** Experiências em Ensino de Ciências (Belo Horizonte), v. 16, n. 1, mar. 2021.

MONTEIRO, B. M. DOS S. **Produção de etanol combustível: efeitos da suplementação nitrogenada na fermentação de mosto de caldo de cana com alta concentração de açúcar.** Orientadora: Sandra Helena da Cruz. 2016. 138 f. (Doutorado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba: 2016.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. **A construção de um processo didático pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos.** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 14, n. 3, dez. 2012.

PEREIRA, D. A.; VIEIRA, R. DE C. M.; GIMENEZ, A. Z. **Fatores que afetam a fermentação alcoólica.** Ciência & Tecnologia, v. 12, n. 1, 23 dez. 2020.

RECHOTNEK, F.; PRICINOTTO, G. **A fermentação alcoólica em uma atividade experimental investigativa para o ensino de Ciências.** Experiências em Ensino de Ciências, v.16, n.2, abr. 2021

SALES, D. M.R.; SILVA, F. P. **Uso de Atividades Experimentais como Estratégia de Ensino de Ciências.** Encontro de ensino, pesquisa e extensão da Faculdade Senac, 2010, Pernambuco. Disponível em: <https://www2.unifap.br/rsmatos/files/2013/10/017_2010_poster.pdf > Acesso em agosto de 2021.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger.** Nova York: Editora W.H. Freeman and Company, 2014

SANTOS, F., Borém, A., & Caldas, C. **Cana-de-Açúcar, Bioenergia, Açúcar e Etanol – Tecnologias e Perspectivas.** Viçosa: Editora UFV, 2013

SASSERON, L. H. **Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor.** Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013

SILVÉRIO AMARAL, F. **Influência conjunta do pH, temperatura e concentração de sulfito na fermentação alcoólica de mostos de sacarose.** Orientador: Eloízio Júlio Ribeiro. 2009. 92 f. (Mestrado em pesquisa e Desenvolvimento de Processos Químicos) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia: 2009

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Goiás ocupa o segundo lugar na produção brasileira recorde de etanol na safra 2019/2020. Acesso em: 24 de abril de 2020). Disponível em: <

<https://www.agricultura.go.gov.br/comunica%C3%A7%C3%A3o/not%C3%ADcias/3279-go%C3%A1s-ocupa-segundo-lugar-na-produ%C3%A7%C3%A3o-brasileira-recorde-de-etanol-na-safra-2019-2020.html?highlight=WyJyZWNvcmlRllwiZGUlLCJldGFub2wiLCJuYSIsInNhZnJhliwyMDE5LCJyZWNvcmlGRllwcmVjb3JkZSBkZSBldGFub2wiLCJkZSBldGFub2wiLCJkZSBldGFub2wgbmEiLCJldGFub2wgbmEiLCJldGFub2wgbmEgc2FmcmEiLCJuYSBzYWZyYSIsIm5hIHNhZnJhIDlwMTkiLCJzYWZyYSAYMDE5Il0=> > Acessado em 20 de março de 2021.

STEINLE, L. A. **Fatores que interferem na fermentação alcoólica**. Orientador: Octávio Antônio Valsechi 2013. 51 f. Pós-graduação - Gestão Industrial Sucrenergética, Universidade Federal De São Carlos Centro De Ciências Agrárias, Sertãozinho: 2013.

VENTURINI, W. G.; NOGUEIRA, A. M. P. **Aguardente de Cana**. 2005. 71 f. Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista, Botucatu: 2005. Acesso em 23 de 09 de 2021. Disponível em: Destilação (unesp.br)

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. **Atividades Investigativas No Ensino De Ciências: Aspectos Históricos e Diferentes Abordagens**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 13, n. 3, dez. 2011.

ANEXO A

16/11/2021 15:54 Atividade por investigação

Atividade por investigação

***Obrigatório**

- E-mail *

- Nome: *

- Série e turma (exemplo: 2A) *

- Como fazer e aumentar a produção de álcool ? * 2 pontos

- Para você, reação química é mudança na composição ou mudança de estado físico ? * 1 ponto

16/11/2021 15:54 Atividade por investigação

- Dividindo massa de substância pelo volume da mistura... qual é a grandeza ? * 1 ponto
 Marcar apenas uma oval.
 Concentração
 Massa específica
 Condutividade
 Número de mol ou quantidade de matéria
 Temperatura
- Para saber o grau de agitação das partículas, determina-se a: * 1 ponto
 Marcar apenas uma oval.
 Condutância
 Resistividade
 Fração molar
 Massa específica
 Temperatura
- Agitação de partículas está associada diretamente * 1 ponto
 Marcar apenas uma oval.
 Ao potencial químico
 à energia cinética
 à energia potencial
 à energia elétrica
 ao efeito Joule

16/11/2021 15:54 Atividade por investigação

- Fermentação é um processo físico ou químico ? * 1 ponto

- Levedura é: * 1 ponto
 Marcar apenas uma oval.
 Fungo
 protozoário
 bactéria
 cnidário
 vírus
- Matéria pode ser descrita pela combinação entre massa e volume ? * 1 ponto
 Marcar apenas uma oval.
 Matéria pode ser descrita apenas pela massa
 Talvez
 Não
 Somente pelo volume
 Sim

16/11/2021 15:54 Atividade por investigação

- O que é meio ácido? O que é meio básico ? * 1 ponto

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

ANEXO B

Uso de computador e projetor permitiram a videoconferência na qual foram mostrados vídeos de experimentos feitos com os seguintes materiais:

- Dois béqueres, sendo:
 - Um de 100 mL;
 - Um de 50 mL;
- Vidro de relógio;
- 100 g de fermento biológico;
- Açúcar;
- Água; ● Balões de festa; ● Espátula.