

# EDUCAÇÃO QUÍMICA NA PRODUÇÃO DE PÃO: SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO COM ENFOQUE CTSA

Vilma Reis Terra(PQ)\*, Sidnei Quezada Meireles Leite(PQ)

terravilma@gmail.com, sidneiquezada@gmail.com

Programa de Pós-graduação em Ciências e Matemática, EDUCIMAT - Instituto Federal do Espírito Santo, Av. Vitória, 1729, Prédio Administrativo, 3º Andar, Sala 03, Jucutuquara, Vitória - ES. CEP 29040-780.

**Palavras-Chave:** ensino por investigação, enfoque CTSA, educação química.

**RESUMO:** O objetivo desse estudo foi os aspectos pedagógicos de uma sequência de ensino investigativo (SEI) que discutiu a química da produção de pão, tendo em vista o ensino por investigação com enfoque CTSA. A SEI foi baseada na proposta dos três momentos pedagógicos (TMP), realizada no campus de Colatina-ES, do Instituto Federal. A prática consistiu em analisar as propriedades físicas e químicas do processo de fabricação do pão e a influência da adição de diferentes substratos. Tratou-se de uma investigação qualitativa sobre uma prática pedagógica realizada no técnico integrado ao ensino médio. Os resultados evidenciaram o ensino por investigação com enfoque CTSA a partir das contribuições no processo de ensino-aprendizagem, promovendo discussões sobre questões tecnológicas, sociocientíficas, socioambientais, socioeconômicas e socioculturais.

## INTRODUÇÃO

De acordo com Carvalho (2013, p.11), as sequencias de ensino investigativo consiste em uma intervenção pedagógica que parte de um problema, não necessariamente experimental, que produza no individuo, ou no grupo de trabalho, uma instigação necessária para se alcançar a compreensão e explicação do fenômeno estudado. O sequenciamento investigativo inclui momentos de formulação de hipóteses, teste de hipóteses, investigação de informações e explicação do fenômeno. Segunda a autora, o problema não pode ser qualquer, mas deve ser muito bem planejado, devendo estar contido na cultura social dos alunos, isto é, algo que os alunos compreendam no seu contexto; e algo que oportunize aos alunos expor conhecimentos anteriores apropriados.

Conforme Stuart (2014), “[...] a experimentação no ensino de química é tema constante nas salas de aula, nas conversas entre professores da disciplina, em congressos e em revistas da área, seja por sua contribuição para o processo de ensino e aprendizagem ou pelas dificuldades encontradas para sua aplicação”. Mas como tornar o ensino de química mais interessante? Sadler (2011) ressalta que as práticas escolares usando questões sociocientíficas (SSI) pode promover debates a partir de experiências de laboratório, experiências cotidianas, imagens, com a ajuda da internet e de visitas guiadas. Reis e Galvão (2008) sugerem o uso de questões sociocientíficas para provocar discussões incluindo conteúdos de ciências de natureza articulados as questões socioculturais, socioambientais, sociofilosóficas, socioeconômicas, entre outras, de tal maneira que as pessoas envolvidas no debate sejam forçadas a se posicionar, proporcionando reflexão sobre conceitos, crenças, valores, mitos etc. Em nosso trabalho, articulamos uma temática sociocientífica com o enfoque CTS/CTSA (SANTOS e AULER, 2011). De acordo com o Aikenhead (2009), o enfoque de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTS/CTSA) pode ser alcançado são articulados aos conhecimentos sociocientíficos, sócio-tecnológicos, socioambientais, socioeconômicas, sócio-filosófico, sócio-histórica, sociocultural, entre outros, com os conteúdos programáticos de ciências da natureza.

Nesse trabalho, procuramos articular a ensino por investigação com o enfoque CTS/CTSA, intencionalmente, envolvendo alunos da disciplina de Química do quarto ano do ensino técnico de nível médio. Em nossos debates, surgiram questionamentos tais como de que maneira os conteúdos programáticos de química podem ser articulados com a perspectiva do enfoque CTSA? Sequências de ensino investigativos podem contribuir na superação da fragmentação dos conteúdos da educação básica, sobretudo, os de química? Então, produzimos uma sequência de ensino investigativo como intervenção pedagógica, o que consistiu em nosso objeto de estudo.

O objetivo desse trabalho foi estudar uma sequência de ensino investigativo articulado ao enfoque CTSA, no contexto do ensino de química. Para isso, buscamos estudar o ensino de química a partir da produção de pão, identificando conteúdos programáticos articulados à articulados as questões socioculturais, socioambientais, sociofilosóficas, socioeconômicas, entre outras.

## METODOLOGIA

A temática sociocientífica elencada pelo grupo de investigação abrangeu questões sociocientíficas, sociotecnológicas, socioambientais, socioeconômicas, sócio-históricas e socioculturais, inspiradas no trabalho de Leite (2012). Tratou-se de uma investigação qualitativa de uma intervenção pedagógica de ensino de Química, planejada com base em Gil (2009), que foi uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) envolvendo a produção de pão. O Quadro 1 apresenta um resumo das técnicas e instrumentos de coleta de dados empregados durante a investigação metodológica de Química do Ensino Médio, cuja prática pedagógica foi realizada em 2013 no Campus Colatina do Instituto Federal do Espírito Santo (Brasil), com uma turma de quarto ano do ensino técnico articulado ao ensino médio. Participaram desse estudo cerca de 30 alunos com idades entre 14 e 18 anos. Os alunos foram codificados de tal forma que a identidade fosse preservada. Os dados coletados foram analisados com base em Bardin (2011).

**Quadro 1.** Resumo das técnicas e instrumentos de coleta de dados empregados durante a investigação metodológica de Química, numa escola federal do Estado do Espírito Santo (Brasil).

<b>Investigação</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
<b>Investigação Qualitativa</b>	Observações	Anotações no diário de bordo dos investigadores.
	Inquéritos	Questionários
	Imagens	Fotografias como registros dos momentos.
	Relatos orais e escritos	Anotações produzidas nos diários de bordo dos alunos.

A investigação foi conduzida pelos coordenadores do projeto, com autorização da diretora da escola e assinatura dos responsáveis dos alunos do termo de consentimento livre e esclarecido para uso dos depoimentos orais e escritos, além da autorização do uso da imagem, conforme orientações do Comitê Nacional de Ética em Pesquisa. Foram realizadas observações ao longo da realização da intervenção pedagógica, análise de documentos oficiais, aplicação de entrevista de grupo focal com os alunos, além da leitura de artigos e livros da área em evidência nesse trabalho. De acordo com Gatti (2005), a técnica de grupo focal pode ser utilizada em diversos momentos ao longo da pesquisa, inclusive após o processo de intervenção, como foi nessa pesquisa.

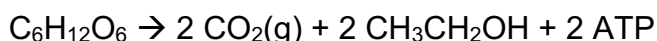
Os dados emergiram a partir das observações, anotações feitas pelos investigadores, relatos escritos, leituras de trabalhos completos e periódicos da área da educação em ciências, além do produto educativo (LEITE, 2012). Nossa análise foi baseada nos pressupostos do ensino por investigação, conforme proposto por Gil e

Castro (1996), Moeed (2013) e Carvalho (2013); o enfoque CTS/CTSA proposto por Aikenhead (2009), Santos e Auler (2011).

## A SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO

A produção de pão é um processo fermentativo de tradição milenar, que tem sua origem quando o homem era nômade, caçador e pastor. Portanto, é um dos mais antigos alimentos do mundo. Devido ao tempo que os cereais levam para frutificar os nômades foram forçados a fixarem a moradia. O grão auxiliou na vida dos homens, eles deixaram de correr perigos: com as caças, com prejuízo das crias, e evitaram os riscos de não encontrar uma nova moradia (caverna). Esta mudança no estilo de vida, contribuiu para uma expectativa de vida mais longa e de melhor qualidade. Além disso, as mudanças que ocorrem com os alimentos são fundamentais para articular os níveis macroscópico e microscópico do conhecimento químico, favorecendo a compreensão dessa relação (COELHO et al., 2009).

O processo fermentativo da produção de pão é feito tradicionalmente por leveduras, como fermentação alcoólica, semelhante a que acontece no processo de produção de vinho e cerveja. O catalisador utilizado para esse processo é o fermento biológico – leveduras. Em geral, utiliza-se leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, normalmente vendidos em supermercados. São processo anaeróbicos facultativos, com produção de álcool, CO<sub>2</sub> e ATP (energia). Trifosfato de adenosina, adenosina trifosfato ou simplesmente ATP, é um nucleotídeo responsável pelo armazenamento de energia em suas ligações químicas (NELSON e COX, 2014).



A Sequencia de Ensino Investigativo (SEI) de Química (Quadro 2) foi planejada com base nos três momentos pedagógicos, propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011). Foram realizadas aulas expositivas, aulas práticas na sala de aula com grupos de trabalho formados por 3 a 5 alunos e produção de debates sobre as etapas da prática pedagógica. Um dos assuntos abordados nessa temática da produção de pão, é a composição do pão, constituição do amido, a questão dos aditivos do pão, a biotecnologia do trigo e a doença celíaca. A doença de celíaca causa a desordem sistêmica autoimune, desencadeada pela ingestão de glúten. É caracterizada pela inflamação crônica da mucosa do intestino delgado que pode resultar na atrofia das vilosidades intestinais, com consequente má absorção intestinal e suas manifestações clínicas. O glúten é uma proteína que está presente nos seguintes alimentos: trigo, aveia, centeio, cevada e malte.

Inicialmente, foi aplicado um questionário prévio para avaliar o conhecimento prévio dos alunos sobre os conteúdos programáticos relacionados à produção de pão. As perguntas abordaram o conceito de fermentação, processo aeróbico e anaeróbico, fermentação láctica, aspectos históricos e culturais.

O ensino de ciências é complexo quando o objetivo principal é promover a compreensão conceitual, articulada às questões processuais, à natureza da ciência, aplicações e questões sociocientíficas que fazem parte da concepção do indivíduo cientificamente alfabetizado (MOEED, 2013). No ensino por investigação, os alunos interagem, exploram e experimentam o mundo natural, mas devem ter uma linha orientadora, a fim de se atingir um objetivo acadêmico. Por meio de um processo investigativo, envolvem-se na própria aprendizagem, construindo questões, elaborando hipóteses, analisando evidências, tirando conclusões, comunicando resultados. Nessa proposta, a apropriação de conteúdos está além do limite conceitual, e engloba as

questões procedimentais e atitudinais, oportunizando novas compreensões, significados e conhecimentos do conteúdo ensinado (MOEED, 2013; CARVALHO, 2013). A Sequencia de Ensino Investigativo (SEI) deve ter momentos pedagógicos planejados que inclua características investigativas, tais como: (a) apresentar situações problematizadoras abertas; (b) favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância; (c) potencializar as análises qualitativas, propiciando a formulação de questões; (d) considerar a elaboração e testes de hipóteses como uma das etapas da investigação; (e) considerar a análise dos resultados com base nos conhecimentos disponíveis; (f) desenvolver o trabalho acompanhado por memórias científicas; e (g) ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por meio de grupos de trabalho, propiciando interação entre si (GIL e CASTRO, 1996).

**Quadro 2.** Resumo do planejamento das etapas da Sequencia de Ensino Investigativo de Química, realizada em 2013, numa escola técnica federal do Estado do Espírito Santo, Brasil.

<b>Sequencia de Ensino Investigativo de Química (SEI)</b>			
<b>Título:</b>	Fabricando pão com diferentes substratos.		
<b>Público Alvo:</b>	4º Ano do Ensino Médio.		
<b>Questionamentos:</b>	De que maneira o processo de pão acontecerá no laboratório de química? Qual é a influência nas propriedades do pão com a introdução de aditivos alimentares?		
<b>Objetivos Gerais:</b>	Promover atividades investigativas que favoreça o processo de ensino-aprendizagem contribuindo para estabelecer relações entre os conhecimentos das ciências e os saberes cotidianos e científicos com abordagem CTSA.		
<b>Conteúdo e Método</b>			
<b>Momento</b>	<b>Objetivo Especifico</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Dinâmica</b>
<b>Momento 1: Problematização</b>	Motivar o aluno para busca do conhecimento	Questionário para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos. Aspectos históricos e culturais da fermentação. Aspectos históricos e culturais da produção de pão. Usavam fermento? Que características apresentava o pão de antes?	Aplicação do questionário.
<b>Momento 2: Organização do conhecimento</b>	Ampliar conhecimentos da produção de pão, contribuindo para estabelecer a relação da química com o cotidiano. Promover questões investigativas sobre a produção de pão, propiciando a investigação científica e a formulação de hipóteses.	Aspectos históricos e culturais da fermentação. Aspectos históricos e culturais da produção de pão. As etapas de produção de pão. A composição alimentar e química do pão. Função dos componentes do pão. O glúten: uma rede de proteínas do pão. Reações bioquímicas na produção do pão. Fermentação do pão.	Aula expositiva e dialogada com auxílio de apresentação de slides.
<b>Momento 3: Organização do conhecimento</b>	Investigar os impactos na saúde como consequência da biotecnologia do trigo	O trigo e a biotecnologia, o que mudou? Doença Celíaca.	Aula expositiva e dialogada com auxílio de apresentação de slides.
<b>Momento 4: Aplicação do conhecimento</b>	Verificar os aspectos cinéticos da produção de pão. Fatores que influenciam na velocidade da reação.	A realização de experimentos sobre fatores que influenciam a velocidade das reações químicas, adaptada por Venquiaruto et al. (2011). Determinação da massa específica do pão.	Aula experimental com investigação.
<b>Momento 5: Aplicação do conhecimento</b>	Observar as transformações que ocorrem na preparação do pão. Verificar a influência da consistência do pão com adição de diferentes substratos.	Oficina do pão. Cada grupo traz uma receita de casa.	Aula experimental investigativa.
<b>Avaliação</b>	Participação nas aulas, registros escritos das atividades propostas e leituras de textos. Relatório das aulas práticas.		

No Brasil, o enfoque CTS/CTSA foi iniciada na década de 90, com a produção de materiais didáticos e projetos curriculares. Auler e Bazzo (2001) atribuem esse “atraso” à história de dominação do Brasil, além da influência do Positivismo. Portanto, o programa de formação continuada de professores abordou conteúdos programáticos de ciências da natureza articulados às questões históricas, culturais, locais e regionais, sobretudo, questões socioambientais. Com relação ao uso dos slogans CTS e CTSA, Vilches, Perez e Praia (2011) pontuam que o movimento surgido originalmente como CTS, foi ressignificado em CTSA durante a década de 90, para ressaltar a emergência



das questões ambientais nos últimos tempos. Em nosso trabalho, procuramos usar o slogan CTSA, em vez de CTS, ressaltando a emergência das questões socioambientais nos últimos tempos.

Também, utilizamos a temática da produção de pão envolvendo aspectos socioculturais da região norte do Estado do Espírito Santo. Reis e Galvão (2008) sugerem que sejam utilizados temas sociocientíficos para discutir conteúdos de ciências articulados as questões morais, éticas, de valor, sobretudo, criando situações nas quais as pessoas sejam obrigadas a se posicionarem, provocando uma um processo de reflexão sobre seus conceitos, credos, valores, mitos e pensamentos. Assim, buscamos produzir articulações com socioculturas locais de Colatina-ES com os conteúdos de química, dando mais sentido aos assuntos tratados, já que a maior parte dos alunos é morador da região dessa cidade.

### O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

No dicionário, a palavra “investigação” aparece como sinônimo de “pesquisa”, ação de averiguar; em que há inquérito; apuração; análise excessivamente rigorosa sobre alguma coisa, geralmente, acerca dos assuntos relacionados com o campo científico. De acordo com Sasseron (2013, p.11), uma investigação científica pode acontecer de diferentes maneiras e, provavelmente, a maneira de acontecer está ligado às condições disponibilizadas e às especificidades do que se investiga. No entanto, é possível dizer que toda investigação científica envolve um problema, o trabalho de dados, informações e conhecimentos já existentes, o levantamento e o teste de hipóteses, o reconhecimento de variáveis e o controle destas, o estabelecimento de relações entre as informações e a construção de uma explicação.

Quando se fala do processo de produção de pão, há três fatores que são fundamentais para o bom desempenho da fermentação: (1) quantidade de nutrientes, (2) temperatura e (3) umidade. Entre esses fatores, o controle da temperatura é o que requer maiores cuidados, uma vez que extremos de temperaturas reduzem expressivamente a atividade enzimática das leveduras, podendo até levá-las a morte. Outro fato é que temperaturas acima de 43°C, também matam as leveduras. Já em temperaturas abaixo de 20°C, a produção de dióxido de carbono e etanol é muito lentamente (fator cinético), o que interfere na qualidade do pão (STAIL, OLIVEIRA e SCHULZ, 2013).

Todas as experiências foram realizadas usando garrafas PET de 600 mL, um funil, duas colheres de chá de fermento biológico e duas colheres de chá de açúcar (Figura 1). Em cada garrafa foi conectado uma bola de festa, a fim de monitorar o volume de formação de gás, no caso o CO<sub>2</sub>. O tempo de enchimento da bola de festa foi cronometrado (variável monitorada), até atingir um volume padronizado. Nesse caso, o menor tempo para encher a bola implicou numa maior velocidade de fermentação.



Figura 1. Esquematização das experiências realizadas para estudar a influência dos fatores de reação na velocidade de fermentação alcoólica.

Foram realizadas cinco experiências investigativas para subsidiar as respostas dos alunos. A primeira buscou avaliar o efeito da temperatura no processo fermentativo, empregando temperaturas 12°C e 33°C, buscando simular o tempo de inverno e de verão. A segunda experiência do efeito da quantidade de nutrientes e de catalisador. A terceira experiência avaliou a influência do tipo de fermento. A quarta experiência visou a determinação da massa específica do pão produzido.

A quinta experiência foi a produção da massa de pão utilizando diferente aditivos. Ao final dessa etapa da prática pedagógica, foram feitas quatro massas de pão contendo aditivos de batata ralada, aipim ralado e inhame, como fontes de carboidratos. Os produtos dessa experiência foram totalmente

### **Experiência 1: Efeito da temperatura na velocidade de reação**

Para realizar o experimento do efeito da temperatura na velocidade de fermentação foram utilizadas duas garrafas PET de 600 mL, um funil, três colheres de chá de fermento biológico e duas colheres de chá de açúcar. Nesse caso, para se manter a concentração constante, o líquido preencheu 2/3 do volume da garrafa, seguida de homogeneização do meio. Foram testadas duas temperaturas reacionais: 12°C e 33°C; com acréscimo de água fria e água quente, respectivamente. Como resultado, os alunos perceberam que o aumento da temperatura diminui o tempo de enchimento do balão, isto é, implica no aumento da taxa de velocidade de reação.

Após a experiência, foi feito a transposição do fenômeno no processo de fabricação do pão. *O professor questionou o seria esperado no caso do fenômeno de crescimento do pão com aumento da temperatura. Os alunos responderam que os microrganismos morrem ou ficam inativos quando há uma diminuição drástica da temperatura ou aumento elevado da temperatura. Entretanto, eles perceberam que há uma faixa ideal de temperatura para as leveduras fermentarem. Se morrem, não acontece fermentação. Dentro da faixa ideal, quanto maior for a temperatura, maior será a velocidade de reação.*

Após uma discussão sobre os dados obtidos durante a experimentação, os alunos conseguiram chegar a explicação do fenômeno pelo aumento da energia cinética das moléculas com aumento da temperatura do meio.

### **Experiência 2: Efeito da concentração na velocidade de reação**

Para estudar o efeito da concentração de açúcar e de catalisador sobre a velocidade de reação, separou-se cinco garrafas PET de 600 mL. As três primeiras continham três colheres de chá de fermento biológico, a quarta garrafa continha 6 colheres de fermento e a quinta garrafa continha nove colheres de fermento biológico. Na primeira garrafa adicionou-se meia colher de chá de açúcar, na segunda - uma colher de chá de açúcar, na terceira - 2 colheres de chá de açúcar, na quarta - 1 colher de chá de açúcar e, finalmente, na quinta - 1 colher de chá de açúcar. Todas as garrafas foram acrescidas de água morna ( $T = 33^{\circ}\text{C}$ ) até preencher 2/3 do volume da garrafa, seguida de homogeneização do meio. Então, foi acoplado um balão de festa na boca de cada garrafa, quando se iniciou o monitoramento do tempo necessário para encher o balão até um volume padronizado. A Tabela 1 mostra a variação da concentração de fermento e açúcar e seus respectivos tempos de reação obtidos durante o experimento.

O estudo da influência da concentração inicial de açúcar (substrato) foi realizado nas garrafas 1, 2 e 3. O aumento da concentração inicial de substrato promoveu a diminuição do tempo de reação de fermentação necessário para encher o balão até um volume padrão. Isso quer dizer que houve um aumento da taxa de reação de fermentação com o aumento da concentração inicial de substrato. Embora não tenha sido objeto desse estudo, foi observado que o aumento da concentração de açúcar nos ensaios 2 e

3, evidenciou valores de tempo não muito diferentes. É possível que esse resultado esteja relacionado ao modelo cinético dessa reação de fermentação, ou devido à morte das leveduras pela alta da concentração de substrato, ou fenômeno de transporte de substrato, na situação de concentração de catalisador testada (3 colheres de chá). A morte das leveduras pode ser explicada pela osmose do substrato do meio externo à membrana da célula (mais concentrado) para o meio interno da célula (menos concentrado), por osmose, provocando um aumento súbito da concentração de açúcar, o que pode comprometer o funcionamento biológico da levedura.

Tabela 1: Efeito da concentração inicial de açúcar e de catalisador no tempo de reação.

Ensaio	Quantidade de açúcar (colher de chá)	Quantidade de fermento / Catalisador (colher de chá)	Tempo de Reação (s)
1	1/2	3	32
2	1	3	16
3	2	3	15
4	1	6	8
5	1	9	5

Fonte: dados da investigação.

Novamente, após a experiência, foi feito a transposição do fenômeno no processo de fabricação do pão. *O professor questionou o que seria esperado com o fenômeno de crescimento do pão com da concentração de açúcar na massa. Os alunos responderam que os microrganismos também podem morrer após uma certa concentração de açúcar. Segundo os alunos, é possível que tenha ocorrido osmose. Entretanto, eles perceberam que um aumento da taxa de reação com aumento da concentração do substrato, dentro de uma faixa de concentração. Provavelmente há uma faixa ideal de concentração de substrato.* Após uma discussão sobre os dados obtidos durante a experimentação, os alunos conseguiram chegar a possíveis explicações para o fenômeno observado.

### Experiência 3: Efeito do tipo de fermento na velocidade de reação

Para estudar o efeito do tipo de fermento sobre a velocidade de reação, separou-se dois tipos de fermentos: um fermento caseiro de batata e o outro tradicional, fermento biológico. O fermento caseiro de batata é muito utilizado nas receitas do interior do Estado do Espírito Santo e é produzido pela mistura dos seguintes ingredientes: 400 ml de água, 1 batata média (lave a bem e pique com casca), 4 colheres (sopa) de açúcar, 1 colher (sopa) de sal, e 2 colheres (sopa) de farinha de trigo.

Então, foram duas garrafas PET de 600 mL, contendo duas colheres de chá de açúcar. No primeiro, adicionou-se três colheres de fermento caseiro de batatinha e no segundo adicionou-se três colheres de fermento biológico. Ambas as garrafas foram adicionadas água morna ( $T = 33^{\circ}\text{C}$ ) até 2/3 do volume da garrafa, seguidas de homogeneização do meio e colocação do balão na boca das garrafas. Foi feito o monitoramento do tempo necessário para encher o balão até um volume padronizado. Os resultados evidenciaram uma menor velocidade de reação na garrafa contendo fermento caseiro.

Novamente, após a experiência, foi feito a transposição do fenômeno no processo de fabricação do pão. *O professor questionou como seria o fenômeno de crescimento do pão com o uso do fermento caseiro. Os alunos responderam que talvez o processo na garrafa contendo fermento caseiro tenha sido com outro microrganismo ou com menor concentração de leveduras. No caso da garrafa contendo o fermento industrial, a concentração de levedura é maior, o que explicaria a maior velocidade de reação.* Após uma discussão sobre os dados obtidos durante a experimentação, os alunos conseguiram chegar a possíveis explicações para o fenômeno observado.

#### Experiência 4: Determinação da massa específica do pão em água

A quarta experiência consistiu na determinação da densidade do pão pelo deslocamento do volume em água, colocando uma massa de pão em uma proveta contendo água. Nessa etapa utilizou-se a massa de pão antes de fermentar (previamente misturada) e após expansão da massa (fermentação). A Tabela 2 apresenta os dados obtidos de massa específica da mistura do pão e após expansão. A massa de pão recém-misturada apresentou um valor de massa específica de 1,2 g/mL, superior ao valor da massa específica da água 1,0 g/mL. Essa diferença dos valores de massas específicas se justifica porque ao adicionar o pão na proveta com água, ela afundou.

Tabela 2: Dados referentes aos cálculos das massas específicas antes e após a expansão da massa.

Massa de pão (g)	Volume na Proveta (mL)			$\rho_{\text{início}}$ (g/mL)	$\rho_{\text{final}}$ (g/mL)
	Inicial H <sub>2</sub> O (V <sub>1</sub> )	Mistura Inicial Massa + H <sub>2</sub> O (V <sub>2</sub> )	Após Expansão Massa + H <sub>2</sub> O (V <sub>3</sub> )		
7,15	50,0	56,0	58,0	1,2	0,9

Volume da proveta: 100,0 mL.

Durante a etapa de fermentação, os açúcares livres provenientes do amido, são metabolizados pelas leveduras, produzindo principalmente álcool e dióxido de carbono, este responsável pelo crescimento do pão, ficando retido no glúten, contribuindo pela expansão da massa. Esse fato conduz a uma diminuição da massa específica do pão a valores inferiores a massa específica da água, favorecendo sua emersão a superfície da água contida na proveta. Dessa forma, a alteração de massa específica observada nesse experimento está relacionada à expansão da massa de pão, o que era esperado porque houve um aumento do volume sem alteração da massa.

Novamente, após a experiência, foi feito a transposição do fenômeno no processo de fabricação do pão. *O professor questionou sobre a explicação do menor valor de massa específica do pão no final da fermentação? Qual proteína é responsável pela elasticidade da massa do pão? Alguns alunos responderam que talvez fosse por conta da liberação do gás carbônico que propiciou a expansão da massa, diminuindo a massa específica do pão fermentado. É possível que o glúten seja responsável por essa expansão.* Após uma discussão sobre os dados obtidos durante a experimentação, os alunos conseguiram chegar a possíveis explicações para o fenômeno observado.

#### Experiência 5: Produção de massa de pão com diferentes aditivos

A quinta experiência foi a produção da massa de pão utilizando diferente aditivos. Foram feitas quatro massas de pão: (1) uma tradicional com farinha de trigo somente, (2) aditivo de batata ralada, (3) aditivo de aipim ralado, e (4) aditivo de inhame. Os aditivos são fontes de carboidratos, e em tese funcionaria como se fosse a farinha de trigo. Embora não tenha sido aprofundado essa etapa do estudo, os alunos constataram que os produtos dessa experiência foram diferentes, em termos de cor e consistência.

Por exemplo, o pão de mandioca ficou mais pesado enquanto o pão de batata ficou macio e mais saboroso, quando comparado com o pão comum.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final da prática pedagógica, foi aplicado um questionário para avaliar a apropriação de conhecimentos relacionados à temática do processo de produção de pão. A ideia foi dar a oportunidade aos alunos de argumentarem sobre suas dúvidas,



hipóteses e conclusões. No Quadro 3 apresenta um resumo dos resultados do questionário aplicado aos alunos no momento final da prática pedagógica. Inicialmente, foi distribuído uma folha de questionário para cada aluno e se deu um tempo de 30 minutos. Depois, o professor leu o questionário em voz alta, esperando que os alunos se manifestassem para responderem o grupo de perguntas efetuadas.

Quadro 3: Resumo do questionário aplicado aos alunos no momento final da prática pedagógica. O questionário foi escrito. Depois, foi lido em voz alta para que os alunos se manifestassem.

Pergunta/Professor	Resposta/Alunos
- Como começou a fabricação do pão? Havia fermento? É um processo antigo?	- Não era sem fermento. Havia algum mecanismo natural que promovia a fermentação do pão. [...] Mas o processo é antigo.
- Por que os microrganismos demoram um pouco para fazer a massa crescer? Por que que a massa do pão cresce?	- [...] para se adaptarem. Para se alimentar do açúcar e gerar gás carbônico que fazer o pão crescer. [...] esse processo exige um tempo de adaptação. - [...] porque a massa dilata pela liberação do gás. Porque o glúten segura o CO <sub>2</sub> .
- Que é o tipo de fermentação usado na produção do pão? O que é na fermentação alcoólica?	- Fermentação Alcoólica. São leveduras que se alimentam do açúcar e liberam dióxido de carbono como produto de seu metabolismo.
- No alimento antigo, o pão era feito "sem fermento". Qual o fundamento do pão sem fermento?	- [...] o microrganismo vem do ar, por isso demora mais para produzi-lo, [...] o processo é lento. É possível que nesse processo tenha menor quantidade de microrganismo que é fornecido pelo fermento caseiro.
- Quais os ingredientes básicos do pão e quais suas principais funções? Qual é o substrato empregado na produção do pão?	- [...] Açúcar, fermento e farinha. - [...] açúcar e amido são os substratos principais. - As proteínas do pão "seguram" o gás produzido pela fermentação. Elas são elásticas. Talvez seja o glúten.
- Por que é necessário deixar a massa em repouso?	- [...] porque as leveduras levam algum tempo para metabolizar o açúcar e convertê-lo em etanol e dióxido de carbono.
- Existe alguma alteração na massa, quando utilizamos batata, mandioca ou inhame? Se ambos substrato é amido porque altera sua consistência?	- Utilizamos a adição de batata, mandioca e inhame em diferentes situações de produção de pão. Os produtos foram diferentes. Nós observamos isso. Cor e consistência foram diferentes. - [...] porque a organização das moléculas de amido é diferente em ambas as plantas e também cada planta é diferente do ponto de vista da botânica. Uma tem raiz as outras são rasteiras.
- A quantidade inicial de substrato pode interferir no sucesso do processo?	- [...] muito açúcar atrapalha. Nas amostras com alta concentração de açúcar, é possível que tenha havido morte das leveduras pelo estresse causado pela osmose.
- Por que o pão não cresce em temperatura baixa?	- [...] é possível que o microrganismo morra em temperatura baixa. Ele tem uma faixa ideal de temperatura para um melhor crescimento. Se morrem, não acontece a fermentação.

O estudo da panificação catalisou o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que promoveu, por meio da sequência de ensino investigativo, a interdisciplinaridade e o enfoque CTSA, abordando aspectos sociocientíficos, socioculturais, socioambientais e socioeconômicos. Os alunos se apropriaram de novos conhecimentos escolares articulados aos conhecimentos historicamente construídos.

Em termos do processo de fermentação do pão, foi possível rever alguns conteúdos discutidos anteriormente na disciplina de biologia, de forma articulada com conteúdos de físico-química. Os alunos conseguiram perceber alguns fatores cinéticos que influenciam o processo de preparação do pão. Conforme Auler (2011, p. 74), uma característica marcante observada nas últimas décadas é a rapidez com que o conhecimento é produzido e como a sociedade se apropria desses conhecimentos, sobretudo os conhecimentos científicos, como sendo verdades, superiores e imutáveis. Santos e Mortimer (2001) ressaltam que há uma supervalorização da ciência gerando três concepções que constituem o mito do cientificismo, a saber: a) *neutralidade científica*, na medida em que se acredita que a ciência não está vinculada à sociedade e os cientistas e seus produtos são neutros e livres de controvérsias ou interesses; b) o *mito da salvação*, ou perspectiva salvacionista, quando se acredita que a ciência é sempre benéfica e a tecnologia resolve ou poderá resolver todos os problemas da humanidade; c) o *determinismo científico*, em que se crê que o conhecimento científico é sempre verdadeiro, superior e inquestionável. A intervenção pedagógica buscou superar a visão neutra e a perspectiva salvacionista da ciência, convidando os alunos a revisarem seus conceitos e paradigmas.

Quando foi utilizado aditivos, esses foram escolhidos com base na cultura local e regional da cidade de Colatina-ES, cuja atividade socioeconômica está muito centrada na produção agropecuária. Também, as receitas escolhidas para serem reproduzidas, foram fruto de uma investigação prévia das receitas tradicionalmente utilizadas pelas famílias dos alunos. Segundo Santos e Auler (2011), a articulação entre conteúdos científicos e aspectos sociocientíficos permite a compreensão do mundo onde os alunos estão inseridos, promovendo cidadania a partir da capacidade de tomada de decisão sobre questões socioambientais. Os autores destacam o potencial da intervenção pedagógica para a promoção de debates sobre valores e aspectos socioambientais, socioeconômicos, socioculturais, sociopolíticos e éticos. Os resultados evidenciaram o ensino por investigação com enfoque CTSA a partir das contribuições no processo de ensino-aprendizagem, promovendo discussões sobre questões tecnológicas, sociocientíficas, socioambientais, socioeconômicas e socioculturais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIKENHEAD, G.S. Educação Científica para todos. Tradução de Maria Teresa Oliveira. 1ª. Edição. Mangualde - PT: Edições Pedagogo. 2009.
- AULER, D. Novos caminhos para a educação CTS: ampliando a participação. In: SANTOS, W. L. P.; AULER, D. (Org.) **CTS e educação científica. Desafios, tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Editora UnB. 2011.
- AULER, Décio, BAZZO, Walter Antônio. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência & Educação*. v.7. n. 1. 2001.
- BARDIN, Laurence. Análise de conteúdo, 3a. Edição, Lisboa: Edições 70, 2004.
- BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais. Brasília – DF: Ministério da Educação, 2013.
- BRASIL. Planejando a Próxima Década Conhecendo as 20 Metas do Plano Nacional de Educação.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.) Ensino de Ciências por Investigação - Condições Para Implementação Em Sala de Aula. 1. ed. São Paulo: Cengage, 2013.
- COELHO, F. S.; TRISTÃO, J. C.; QUADROS, A. L.; GIL, R. P. F. Cozinhando com química: o pão-nosso-de-cada-dia. Anais do VII ENPEC. Florianópolis, 2009.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A., PERNAMBUCO, M. M. Ensino de Ciências: fundamentos e métodos, 4 ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- GIL-PEREZ, D. CASTRO, P. V. La orientación de las practicas de laboratorio como investigacion: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las ciencias*, 14 (2), 1996.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2009.
- LEITE, S. Q. M. (Org.). Práticas Experimentais Investigativas no Ensino de Ciências. 1a. Edição. Vitória - Espírito Santo: Editora Ifes. 2012.
- MOEED, A. Science investigation that best supports student learning: Teachers understanding of science investigation. *International Journal of Environmental and Science Education*, 8, 537 - 559. doi:10.12973/ijese.2013.218a. 2013.
- NELSON, D. L.; COX, M. L. Princípios de Bioquímica de Lehninger. Editora Artmed. 2014. 1328 p.
- REIS, P. G. R.; GALVÃO, C. Os professores de Ciências Naturais e a discussão de controvérsias sociocientíficas: dois casos distintos. *Revista eletrônica de Enseñanza de las Ciências*. v. 7, n. 3. 2008.

SADLER, T. D. (Editor). Socio-scientific Issues in the Classroom. Teaching, Learning, and Research. Florida – USA: Springer. 2011. p. 375.

SANTOS, W. L. P.; AULER, D. (Orgs.) CTS e educação científica. Desafios, tendências e resultados de pesquisa. Brasília: Editora UnB. 2011.

SANTOS, W.; MORTIMER, E. Tomada de decisão para ação social responsável no Ensino de Ciências. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001.

SESSARON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: papel do professor. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.) *Ensino de Ciências por Investigação - Condições Para Implementação Em Sala de Aula*. 1. ed. São Paulo: Cengage, 2013.

STAIL, B.; OLIVEIRA, D. N.; SCHULZ, J. A. T. Fermentação do pão: Estudo a partir de um experimento matemático. *Anais do VI Congresso Nacional de Ensino de Matemática*. Canoas, Rio grande do Sul. 16,17 e 18 de outubro de 2013.

STUART, R. C. A experimentação no ensino de química: conhecimentos e caminhos. In: SANTANA, E.; SILVA, E. *Tópicos em ensino de química*. São Carlos: Pedro & João Editores. 2014. 252 p.

VENQUIARUTO, L. D.; DALLAGO, R. M.; VANZETO, J.; DEL PINO, J. C. Saberes populares fazendo-se saberes escolares: um estudo envolvendo a produção artesanal do pão. *Química Nova na Escola*, Vol. 33, N° 3, Agosto, 2011.

VILCHES, A.; GIL-PÉREZ, D.; PRAIA, J. De CTS a CTSA: educação por um futuro sustentável. In: SANTOS, W. L. P.; AULER, D. (Orgs.). *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, p. 161-184. 2011.