

ANÁLISE DE CONSERVANTES EM PRODUTOS CÁRNEOS: UMA PROPOSTA PARA ECOFORMAÇÃO DE TÉCNICOS EM QUÍMICA

Heitor Daguer

hdaguer@hotmail.com · <https://orcid.org/0000-0001-6345-0285>
Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC Campus São José (Brasil)

Jacson Nascimento dos Santos

jacson-nds@hotmail.com · <https://orcid.org/0000-0003-2966-3214>

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC Campus São José (Brasil)

Resumo. Neste artigo, relatamos a experiência da utilização da temática do controle analítico de conservantes em produtos cárneos como uma alternativa pedagógica criativa e ecoformadora para o componente curricular “Análise Instrumental II” de um curso Técnico Integrado em Química, considerando a educação profissional em uma perspectiva politécnica e unitária. Esta proposta visou contribuir para um processo de ensino-aprendizagem mais contextualizado e desfragmentado, relacionando conhecimentos sobre técnicas analíticas (cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas e eletroforese capilar) com a sua importância para a saúde pública e para a formação acadêmica dos Técnicos em Química. Este projeto proporcionou aos estudantes experiências importantes para sua inclusão no mundo do trabalho, contribuindo para a preparação de futuros percursos formativos e ocupações dentro da área da Química.

Palavras-chave: educação química, Ensino profissional, Análise de alimentos, Produtos cárneos.

ANALYSIS OF PRESERVATIVES IN MEAT PRODUCTS: AN ECOFORMATIVE PROPOSAL FOR CHEMICAL TECHNICIANS

Abstract. This article relates the experience of using the analytical control of preservatives in meat products as a creative pedagogical alternative for a course of "Instrumental Analysis II" during professional secondary education of Chemical Technicians, by considering the professional education from a polytechnical and unitary perspective. This proposal aimed to contribute to a more contextualized and defragmented teaching-learning process. Knowledge about analytical techniques (liquid chromatography coupled to mass spectrometry and capillary electrophoresis) was related to its importance for public health and for the academic training of Chemical Technicians. This project provided students with important experiences for job outlook, contributing to provide students with hands-on practice in conducting experiments and using various instruments and techniques properly.

Keywords: Chemical education, Food analysis, Meat products, Professional education.

ANÁLISIS DE CONSERVANTES EN PRODUCTOS CÁRNICOS: UNA PROPUESTA PARA LA ECOFORMACIÓN DE TÉCNICOS EN QUÍMICA

Resumen. En este artículo, relatamos la experiencia de la utilización de la temática del control analítico de conservantes en productos cárnicos como una alternativa pedagógica creativa ecoformadora para el componente curricular "Análisis Instrumental II" de un curso Técnico Integrado en Química, considerando la educación profesional desde una perspectiva politécnica y unitaria. Esta propuesta pretendía contribuir a un proceso de enseñanza-aprendizaje más contextualizado y desfragmentado. Se han relacionado conocimientos sobre técnicas analíticas (cromatografía líquida acoplada a la espectrometría de masas y electroforesis capilar) con su importancia para la salud pública y para la formación académica de los Técnicos en Química. Este proyecto proporcionó a los estudiantes experiencias importantes para su inclusión en el mundo del trabajo, contribuyendo a su preparación para futuros itinerarios formativos y ocupaciones dentro del área de la Química.

Palabras clave: Educación química, Enseñanza profesional, Análisis de alimentos, Productos cárnicos.

Introdução

Este artigo busca relatar a experiência da utilização da temática do controle analítico de conservantes em produtos cárneos como proposta de alternativa pedagógica criativa e ecoformadora para o componente curricular "Análise Instrumental II", do curso Técnico Integradoⁱ em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), campus Florianópolis, durante o estágio de regência de um acadêmico do curso de Licenciatura em Química da mesma instituição (campus São José).

Um Projeto Criativo Ecoformador (PCE) é uma metodologia de ensino colaborativa, em que os estudantes são coautores do processo de ensino-aprendizagem. Um PCE parte de interesses comuns a todos, respeitando a individualidade e contribuindo para quebrar paradigmas tradicionais de educação, aumentando a inserção da escola na comunidade, em um processo cujos protagonistas são os próprios educandos (Pukall, Silva e Silva, 2017). Dessa forma, a proposta apresentada neste artigo teve por objetivo contribuir para um processo de ensino-aprendizagem contextualizado e desfragmentado. No projeto, relacionamos conhecimentos sobre técnicas analíticas (cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas e eletroforese capilar) com a sua importância para a saúde pública e para a formação acadêmica dos Técnicos em Química.

Em países como o Brasil, que ocupam posições de liderança mundial na produção e exportação de alimentos, o agronegócio é uma das principais atividades econômicas, sendo responsável pela geração de empregos e aumento do produto interno bruto (Brasil, 2017). Nesse cenário, as análises laboratoriais possuem grande relevância para o controle de qualidade das indústrias de processamento de alimentos e para a fiscalização das agências regulatórias. Com o objetivo de auxiliar nessas análises, os Técnicos em Química são formados pelo ensino profissionalizante com foco em sua Educação Química, para atuar nos diversos segmentos da indústria.

A ecoformação é uma perspectiva de educação que aborda atitudes de respeito e cuidado com o planeta, na busca por melhores condições de vida, em um processo onde

os educandos constituem conhecimentos para estabelecer um comportamento sustentável e solidário (Pukall, Silva e Silva, 2017). Assim, no ensino profissionalizante, uma possibilidade de articulação ecoformadora é a discussão de temas como a conformidade dos alimentos com normas técnicas e sanitárias, como forma de contextualizar a Educação Química e formar cidadãos mais críticos para atuar no mundo do trabalhoⁱⁱ.

É importante que os Técnicos em Química estejam conscientes de sua possibilidade de atuação profissional junto à cadeia de produção de alimentos e o estado-da-arte do segmento analítico laboratorial onde poderão atuar. Como nos lembra Saviani (2007), trabalho e educação são atividades especificamente humanas, relacionando-se de forma indissociável, porque a produção do homem (trabalho) é, ao mesmo tempo, a formação do homem (educação). Através do trabalho, o homem domina e transforma a natureza de acordo com suas necessidades. Através da educação, o homem se forma homem, para garantir sua existência através do trabalho. Dessa forma, a Educação Química que possui essa perspectiva busca contribuir para a formação de indivíduos críticos, preocupados com a transformação do meio ambiente e da sociedade para melhor (Chassot, 2014).

As análises químicas de detecção e quantificação de conservantes em produtos cárneos estão entre as principais ferramentas necessárias ao controle laboratorial de qualidade dos alimentos, a fim de garantir sua integridade e inocuidade. Além disso, a utilização de metodologias que possuam alta frequência analítica e dispensem a utilização de reagentes potencialmente tóxicos, bem como possuam sensibilidade, especificidade, precisão e exatidão necessárias ao rigoroso controle, tem sido amplamente incentivada (Della Betta e outros, 2016; Molognoni e outros, 2018).

Em todo o mundo, os conservantes são amplamente utilizados na industrialização de alimentos, tendo sua utilização regulada e controlada. Quando utilizados de acordo com os limites regulatórios, os conservantes aumentam o tempo de vida comercial dos alimentos, evitando a multiplicação de micro-organismos patogênicos e deteriorantes. Na industrialização da carne, os sais de cura estão entre os principais conservantes utilizados na fabricação de diversas categorias de produtos. São misturas que contêm nitrato e nitrito de sódio (NaNO_3 , NaNO_2) ou potássio (KNO_3 , KNO_2) em sua composição - espécies químicas utilizadas há milênios no processamento da carne, desde quando a mesma começou a ser salgada para sua preservação. Do ponto de vista tecnológico, o emprego de sais de cura em produtos cárneos possui uma dupla finalidade: desenvolver características sensoriais próprias dos produtos curados, como coloração e sabor; e melhorar o poder de conservação do alimento, evitando a multiplicação de micro-organismos patogênicos, principalmente o *Clostridium botulinum*, causador da intoxicação botulínica (um grave perigo biológico). A ação dos sais de cura foi descoberta em função da presença de nitrito como impureza no sal marinho, ainda em épocas remotas (Honikel, 2008). Seu uso é autorizado e controlado mundialmente, estabelecendo-se regulamentos com restrições à sua utilização. No Brasil, foram estabelecidos os limites regulatórios de 150 mg/kg e 300 mg/kg de nitrito e nitrato de sódio, respectivamente, como as concentrações máximas residuais em produtos cárneos (Brasil, 2006).

O ácido sórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2$) e seus sais (sorbato de sódio ou potássio) constituem outra categoria de conservantes, permitidos apenas para algumas classes de produtos cárneos. O uso desse conservante é permitido na superfície de produtos cárneos salgados, secos e/ou fermentados na concentração máxima de 200 mg/kg, de acordo com a legislação brasileira (Brasil, 2006).

Restrições de uso de conservantes na industrialização de produtos cárneos são importantes porque tem sido demonstrado que a reação entre o ácido sórbico (e seus sais, na forma de sorbato) e nitrito pode formar duas espécies potencialmente mutagênicas (Figura 1): o 2-metil-1,4-dinitro-pirrol (DNMP, $C_5H_5O_4N_3$) e o ácido etilnitroso (ENA, $C_2H_4O_3N_2$) (Pérez-Prior e outros, 2008).

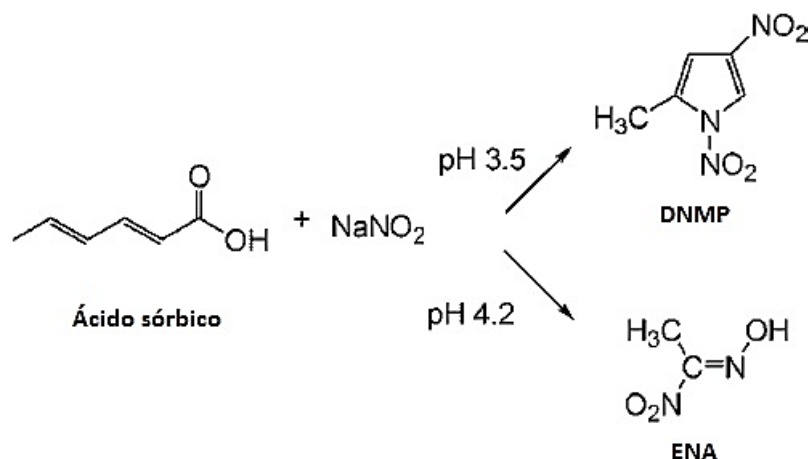


Figura 1. Formação dos compostos 2-metil-1,4-dinitro-pirrol (DNMP, $C_5H_5O_4N_3$) e o ácido etilnitroso (ENA, $C_2H_4O_3N_2$) pela interação entre os conservantes nitrito e sorbato

Apesar dos efeitos positivos dessa combinação de conservantes sobre o rendimento de fabricação de produtos cárneos, implicando no retardo da multiplicação de micro-organismos deterioradores e na inibição de micro-organismos patogênicos, a redução da concentração de nitrito e restrições à utilização de sorbato em produtos cárneos passaram a ser incentivadas mundialmente, em função da possibilidade de formação de compostos mutagênicos, como ENA e DNMP. De fato, o uso não conforme de conservantes em produtos cárneos é um dos principais perigos químicos para os consumidores.

A Organização Mundial da Saúde, através da Agência Internacional para Pesquisa em Câncer (IARC, do inglês *International Agency for Research on Cancer*), tem alertado sobre a presença de diversos compostos carcinogênicos em produtos cárneos obtidos por processos tecnológicos como a cura e a defumação. Se o consumo desses alimentos é frequente, o risco de desenvolver câncer é maior (Bouvard e outros, 2015).

Nos laboratórios de análise de alimentos, o Técnico em Química será constantemente demandado a executar análises de conservantes, porque a grande maioria dos produtos cárneos é adicionada de algum conservante, seja sorbato ou nitrito e/ou nitrito, dentro de suas restrições regulamentares. Portanto, essas análises estão entre as mais requisitadas para o controle de produtos cárneos, sendo executadas de forma rotineira na maioria dos laboratórios. Percebe-se a importância do Técnico em Química estar atento a conhecer as diferentes técnicas analíticas que com esse propósito podem ser executadas. Quando a utilização de conservantes em produtos cárneos ocorre de forma inadequada, pode ser nociva à saúde dos consumidores, pela possibilidade de gerar compostos carcinogênicos. O Técnico em Química ao estar consciente da correta utilização desses aditivos químicos, pode conhecer e seguir regulamentos técnicos específicos. Com esse objetivo, a educação profissional contribui se for organizada de forma contextualizada pelo professor, com base em aplicações técnicas que sejam de efetiva utilidade para os educandos.

O ensino médio, nível de ensino em que a experiência analisada neste texto foi desenvolvida, é a etapa da educação básica em que a relação entre ciência e práticas produtivas se acentua, visando a inserção dos educandos no mundo adulto do trabalho. Segundo Ramos (2008), é também a etapa biopsicológica e social em que ocorre o planejamento profissional dos estudantes. Nesse sentido, o tema do projeto (“Análise de conservantes em produtos cárneos”), possui diversas aplicações tecnológicas para o futuro Técnico em Química.

Em uma educação de ensino médio profissional integrado, como a proposta educativa do local onde foi desenvolvida a experiência relatada neste texto, almeja-se que conhecimentos gerais e específicos, de caráter profissionalizante, sejam a totalidade curricular cujas bases estão sustentadas na formação politécnica, integral e omnilateral. Segundo Ciavatta (2014), sua origem remota está na educação socialista que pretendia ser omnilateral, no sentido de formar o ser humano na sua integralidade física, mental, cultural, política, científica e tecnológica. Se por um lado o termo “ensino integrado” remete à articulação do ensino médio com a educação profissional, por outro, remete à formação plena, que possibilita aos educandos a compreensão das partes de um todo (Ciavatta, 2014). A conformidade dos alimentos em relação às normas técnicas e sanitárias demonstrou ser uma relevante possibilidade de ecoformação no ensino profissionalizante, já que esse é um assunto que se encontra mundialmente em voga, sendo objeto frequente de pesquisas científicas e de repercussão na mídia. No Brasil e nos mais diversos países do mundo, muitos casos polêmicos envolvendo a fabricação e a fiscalização de produtos de origem animal têm deixado evidente a importância da garantia de sua conformidade técnica e sanitária. Como exemplos, temos as polêmicas operações chamadas de “Carne Fraca” e “Trapaça” pela Polícia Federal brasileira, que revelaram irregularidades no processamento de carnes.

Para discutir e apresentar a experiência de utilização da metodologia de um PCE com a temática “Análise de conservantes em produtos cárneos”, este artigo foi dividido em cinco seções. Na primeira, relatamos como se deu a pesquisa exploratória inicial, permitindo o maior conhecimento da turma, antes do desenvolvimento do projeto. Na segunda, descrevemos a sequência didática utilizada para a abordagem da temática proposta. Em seguida, relatamos e fazemos algumas reflexões sobre o desenvolvimento deste PCE, como se deu sua avaliação pelos alunos e como vemos sua continuidade.

Pesquisa exploratória inicial

No semestre anterior ao desenvolvimento do PCE apresentado neste artigo, foram realizadas observações participantes e aplicados questionários aos alunos do componente curricular “Análise Instrumental I” do curso Técnico Integrado em Química do IFSC/campus Florianópolis, com perguntas objetivas e discursivas que tinham por objetivo conhecê-los melhor, bem como identificar seus conhecimentos prévios sobre a temática e seus interesses pelo componente curricular em questão e pelo curso. Foram respondidos 20 questionários.

Os alunos integrantes da turma com que trabalhamos no projeto tinham, em média, 18 anos; sua idade, completa na data de preenchimento dos questionários, variou de 17 a 20 anos. A turma era composta de 11 alunos do sexo masculino (55%) e nove do sexo feminino (45%). Provavelmente em função da pouca idade, apenas cinco alunos (25%) trabalhavam ou faziam estágio fora da instituição de ensino. Como o curso Técnico

Integrado em Química é ofertado em período integral, as atividades principais dos educandos são estudar e estabelecer relações pessoais com outros adolescentes na escola, reproduzindo as relações dos adultos, em um processo que, segundo Ramos (2008), é importante de formação da sua própria personalidade. Assim, salienta-se a importância de a escola estar organizada para contribuir forma significativa com o desenvolvimento dos educandos, promovendo a aprendizagem em um contexto social, histórico e cultural (Chisté, 2017).

Questionados sobre o que pretendiam fazer após a conclusão do curso Técnico Integrado em Química, os alunos majoritariamente (95%) responderam que desejam dar continuidade aos estudos em um curso superior. Essa característica já havia sido notada em uma grande quantidade de egressos do ensino profissional por Moura (2007), contribuindo para a diminuição da dualidade do ensino, uma vez que os cursos profissionalizantes não devem ser reduzidos em favor das necessidades imediatas do mundo do trabalho.

Dentre os vários cursos almejados pelos participantes do projeto aqui apresentado, os cursos relacionados à Engenharia predominaram entre os alunos, enquanto o curso de Farmácia predominou entre as alunas. Considerando o total de cursos superiores citados, o curso de Química (Bacharelado) foi citado por apenas três alunos.

Os alunos foram ainda solicitados a classificar alguns assuntos relacionados ao curso Técnico Integrado em Química, de acordo com o interesse em estudá-los, para que os mesmos fossem considerados na elaboração do PCE (Figura 2). Química Verde foi o assunto que obteve maior pontuação (2,75 pontos, em média), seguida de técnicas instrumentais de separação química (2,5 pontos, em média) e Análise de Alimentos (2,45 pontos, em média). A incerteza de medição foi o assunto de menor interesse entre os alunos, com pontuação média 1,3.

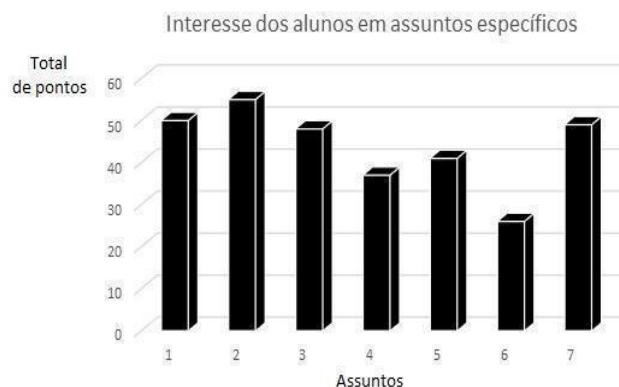


Figura 2. Interesse dos alunos do curso Técnico em Química em assuntos específicos de Análise Instrumental: Técnicas instrumentais de separação química (1), Química Verde (2), Desenvolvimento de métodos (3), Validação analítica (4), Garantia da qualidade dos resultados (5), Incerteza de medição (6) e Análise de alimentos (7)

A pesquisa exploratória permitiu conhecer melhor a turma com que foi desenvolvido este projeto, reforçando a necessidade de selecionar uma temática e estratégias metodológicas vinculadas à realidade dos estudantes do campo de estágio.

Sequência didática

Uma sequência didática é o conjunto de atividades, estratégias e intervenções planejadas aula por aula, para a abordagem e entendimento da temática proposta, bem como para o alcance do objetivo do projeto. Na sequência didática, são expressos os objetivos específicos e os conteúdos abordados em cada encontro com os estudantes. Dessa forma, a sequência didática contemplou sete encontros, totalizando 21 horas-aula, ministradas entre os meses de julho e agosto de 2018 (Tabela 1). Essa carga horária teve por objetivo atender à exigência curricular da disciplina de “Estágio Supervisionado III” do curso de Licenciatura em Química do IFSC, durante a qual foi desenvolvido o projeto.

O epítome, como primeira etapa de desenvolvimento do projeto, foi voltado ao “encantamento” dos alunos pela temática (Figura 3). Nesse primeiro encontro, os alunos foram organizados em quatro grupos para preparar amostras de hambúrguer com o objetivo de reconhecer os efeitos dos sais de cura e posterior execução de análises químicas para determinação de conservantes (nitrito e sorbato), conforme roteiros experimentais fornecidos. A turma preparou os hambúrgueres à base de carne suína moída (pernil) e fizeram três diferentes formulações com água (2%), cloreto de sódio (1,5%), ascorbato/eritorbato de sódio (0,5%), alho (0,2%), glutamato monossódico (0,05%), pimenta do reino branca (0,05%), pimenta malagueta (0,03%), sorbato de potássio (0,02%) e nitrito de sódio (0,015%).

Tabela 1.

Sequência didática do projeto criativo ecoformador “Análise de conservantes em produtos cárneos: uma alternativa criativa ecoformadora para Técnicos em Química

<i>Encontro</i>	<i>Assunto</i>	<i>Duração</i>	<i>Conteúdos</i>
Primeiro	Epítome	Três aulas (165 minutos)	Formulação e cocção de amostras de hambúrguer; Exposição dialogada sobre a importância das análises de conservantes em produtos cárneos, legislação, limites regulatórios e métodos disponíveis para análise.
Segundo	Análise de nitrito e nitrato em produtos cárneos por eletroforese capilar de zona	Quatro aulas (220 minutos)	Preparo de amostras de produtos cárneos para análise de nitrato e nitrito (hambúrgueres preparados no experimento e amostras comerciais); Construção de curvas de calibração em matriz e em solvente; Padronização interna; Eletroforese capilar de zona com detecção por arranjo de diodos para análise de nitrito e nitrato em produtos cárneos.
Terceiro	Análise de sorbato nas amostras de hambúrguer por cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas	Quatro aulas (220 minutos)	Preparo de amostras de produtos cárneos para análise de sorbato; Construção de curvas de calibração em matriz e em solvente; Padronização interna; Garantia da qualidade dos resultados; Análise instrumental - cromatografia líquida de alta eficiência e cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas.
Quarto	Resolução da lista de exercícios contextualizados	Três aulas (165 minutos)	Oito exercícios contextualizados, onde partindo dos dados obtidos

Quinto	Aspectos teóricos fundamentais das técnicas de separação química - cromatografia e eletroforese	Três aulas (165 minutos)	experimentalmente, os alunos fizeram cálculos químicos Exposição dialogada sobre: Princípios básicos e históricos da cromatografia; Classificações quanto à polaridade das fases, mecanismos de separação e parâmetros técnicos; Aplicações da cromatografia em papel e cromatografia em camada delgada; Princípios e técnicas de cromatografia líquida de alta eficiência; Princípios básicos e históricos da eletroforese, examinando seu histórico e classificações; Principais modalidades eletroforéticas; Aplicações práticas da eletroforese.
Sexto	Consolidação das experiências (preparo dos seminários de polinização)	Três aulas (165 minutos)	Revisão dos dados experimentais obtidos; Conceituação teórica, fornecimento de orientações para preparo dos seminários de polinização; Preparo dos seminários de polinização pelos alunos.
Sétimo	Seminários de polinização	Três aulas (165 minutos)	Apresentação de seminários: “Uso de conservantes em produtos cárneos” (grupo 1); “Análise de nitrito e nitrato em produtos cárneos por eletroforese capilar de zona” (grupo 2); “Análise de sorbato em produtos cárneos por cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas” (grupo 3); “Validação e controle de qualidade de métodos analíticos” (grupo 4); Avaliação do projeto pelos alunos.

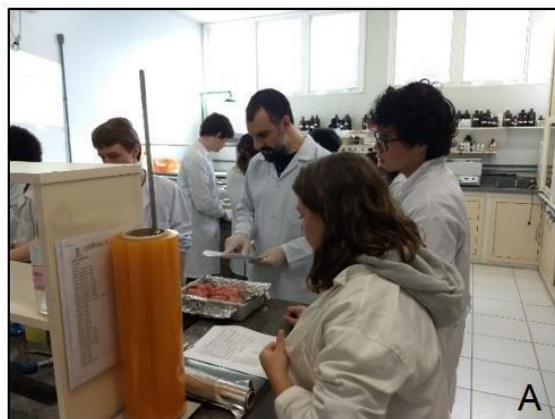


Figura 3. Momentos dos alunos do curso Técnico em Química durante o építome: preparo dos hambúrgueres para posterior análise (A) e observação dos efeitos sensoriais dos sais de cura (parte B)

O építome tem como objetivo fornecer a estrutura conceitual que serve de âncora, de referencial temático e de espaço de interação teórico/prática para um PCE (Zwierewicz, 2011). Ao final do primeiro encontro, os alunos reconheceram as principais finalidades tecnológicas da utilização de sais de cura em produtos cárneos, identificando os perigos químicos do consumo de produtos cárneos à saúde pública. Interpretaram também a legislação de alimentos e os limites regulatórios relacionados ao uso de aditivos

em produtos cárneos. Além disso, foram discutidos alguns métodos e técnicas analíticas disponíveis ao controle químico de conservantes em produtos cárneos. Nesse encontro, uma particularidade se fez notar entre o grupo: a presença de alguns alunos veganos, que se sentiram desconfortáveis em manipular as carnes distribuídas para o experimento. Em um PCE como o aqui apresentado, a proposta pedagógica deve ser colaborativa para romper com paradigmas tradicionais da educação, partindo de interesses comuns a todos, mas em respeito da individualidade. Assim, antes do segundo encontro, adquirimos no mercado algumas amostras de “hambúrguer vegetal”, à base de proteína texturizada de soja, para utilização específica daquele grupo de alunos.

Foram também distribuídas amostras de produtos comerciais, adquiridas no mercado, para comparação dos resultados analíticos com as amostras de hambúrguer preparadas pelos alunos. As amostras foram congeladas para utilização nos experimentos dos encontros seguintes. Uma amostra de cada formulação preparada foi submetida à cocção em chapa de aquecimento, para visualização da reação de cura.

No segundo encontro, os alunos utilizaram os hambúrgueres preparados no experimento anterior e também as amostras comerciais para determinar as concentrações de nitrato e nitrito por eletroforese capilar, conforme o método proposto por Della Betta et al. (2016). A turma se organizou em grupos para execução de atividades diferenciadas no laboratório: preparo das amostras de hambúrguer para análise de nitrito e nitrato (grupo 1); preparo de amostras comerciais para análise de nitrato e nitrito (grupo 2); preparo de curva de calibração em solvente (grupo 3); preparo de curva de calibração em solvente (grupo 4); preparo de capilar para utilização no método e injeção no sistema de eletroforese para análise dos dados, interpretação de eletroferogramas e identificação dos analitos pelo tempo de migração e espectro de absorção (todos os grupos).

No terceiro encontro, a turma foi novamente organizada em grupos no laboratório, para análise de sorbato por cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas, conforme metodologia proposta por Molognoni et al. (2018): preparo das amostras de hambúrguer (grupo 1); preparo de curva de calibração em matriz (grupo 2); preparo de curva de calibração em solvente (grupo 3) e preparo de amostras de controle de qualidade analítica (recuperação do analito, grupo 4). Todos os grupos acompanharam a injeção no sistema cromatográfico para análise dos dados, definição do gradiente de eluição, fase estacionária e parâmetros instrumentais, identificando o sorbato pelo tempo de retenção e espectro de massas.

O quarto encontro consolidou as constatações experimentais feitas anteriormente pela turma, na forma de resolução de uma lista de oito exercícios contextualizados, para os quais foram considerados os dados analíticos para interpretação e cálculos químicos (Material suplementar).

O quinto encontro teve por objetivo aprofundar os conhecimentos teóricos dos alunos, por meio de exposição dialogada, sobre as técnicas de separação química (cromatografia e eletroforese) e principais técnicas de detecção dos analitos.

No sexto encontro, a turma foi dividida em quatro grupos para consolidar as experiências vivenciadas nas aulas experimentais, preparando seminários para a posterior polinização dos conhecimentos apropriados sobre análise instrumental, que ocorreu então no sétimo e último encontro. Os seminários foram apresentados para os colegas de outras turmas do curso e professores no auditório da escola, com projetor do tipo *data-show* para projeção de slides por cada grupo participante. Essa foi a etapa de conclusão do projeto e foi realizada com o intuito de socializar e difundir os resultados alcançados pelos estudantes do campo de estágio no entorno em que foi desenvolvido.

As aulas experimentais foram desenvolvidas em laboratórios com bancadas e equipamentos necessários à realização dos experimentos, que consistiram de: chapa aquecedora de alimentos, bacias plásticas e balança semi-analítica, balanças analíticas, micropipetas, dispensadores, processador de alimentos, tubos de polipropileno, centrífugas, plataforma de agitação de tubos, sistema de eletroforese capilar (Agilent 7100) e sistema de cromatografia líquida acoplada a espectrômetro de massas (Sciex 5500 QTrap), ambos operados com auxílio de computador. Os insumos necessários à realização do experimento foram: amostras de carne suína moída (2 kg); condimentos alimentícios; nitrito de sódio, ácido ascórbico, sorbato de potássio e outros reagentes químicos em grau analítico; solventes orgânicos em grau cromatográfico.

Para os encontros em sala de aula, foi utilizado um laboratório de informática, no qual cada aluno utilizou um computador com acesso à internet. Foram também utilizados quadro e giz e projetor do tipo *data-show* para projeção de slides.

A avaliação dos alunos foi processual realizada de forma individual e em grupo. A avaliação individual considerou a interação com o professor e com os colegas, resposta e formulação de questões apresentadas durante a exposição dialogada. A avaliação em grupo considerou a resolução da lista de exercícios contextualizados e a apresentação do seminário de polinização.

Desenvolvimento do PCE

Um dos principais objetivos do projeto elaborado e desenvolvido durante o Estágio Supervisionado em Química foi despertar nos educandos a consciência de sua importância e atuação na saúde pública, utilizando como contexto um assunto constantemente em debate. Como profissionais que irão ao mundo do trabalho, poderão futuramente atuar em laboratórios de controle analítico de alimentos, sobretudo em áreas de destaque na produção de carnes, como é o Estado de Santa Catarina, um dos líderes brasileiros nesse quesito. Assim como para todos os outros alimentos, existem vários regulamentos e restrições legais aplicáveis à fabricação dos produtos cárneos que devem ser conhecidos pelos diversos atuantes nessa área, com o objetivo de se preservar a saúde pública e de se garantir a identidade e qualidade dos alimentos. No caso da utilização de conservantes, temática escolhida para a contextualização desta abordagem, vários limites regulatórios estabelecidos para os produtos cárneos precisam a toda hora serem avaliados nos laboratórios de análise, que estão entre os principais locais de atuação profissional do Técnico em Química. A Educação Química, nesta perspectiva, deve ser contextualizada com o objetivo de preparar os educandos para o exercício consciente da cidadania (Santos e Schnetzler, 2003).

O contexto dos produtos cárneos é rico em detalhes técnicos que podem ser explorados pelos alunos do ensino profissional, em especial os Técnicos em Química, constituindo-se uma poderosa ferramenta para o aprimoramento dos seus conhecimentos químicos (Penteado et al., 2005). Como já destacado, o projeto analisado neste artigo procurou estender o escopo de alcance dessa temática, propondo um conteúdo programático criativo ecoformador, com uma sequência didática relacionada aos conhecimentos sobre importantes técnicas instrumentais para um curso de Análise Instrumental e, assim, buscando contribuir para a imersão dos educandos no mundo do trabalho, propiciando uma educação profissional contextualizada.

Como última etapa da educação básica, o ensino médio deve contemplar as múltiplas necessidades socioculturais e econômicas dos educandos (adolescentes, jovens e adultos), em um processo de educação unitária. Uma educação unitária de qualidade, perspectiva que norteia a instituição onde foi realizado o projeto analisado, possibilita aumentar a apropriação dos conhecimentos construídos pelos educandos (Kuenzer, 2011; Ramos, 2008, Silva, 2014;). A educação unitária (ou escola única) representa uma comunhão entre teoria e prática, proporcionando a elevação cultural (Ribeiro, Sobral e Jataí, 2016). Foi com o objetivo de seguir nesta perspectiva que o PCE analisado procurou inserir os futuros Técnicos em Química no alto desenvolvimento tecnológico da Química Analítica, reconhecendo tanto as metodologias clássicas disponíveis (como as volumétricas e espectrométricas), quanto às metodologias que envolvem instrumentação de maior complexidade. Dessa forma, pretendeu-se que os educandos estivessem atentos e preparados para diferentes campos de aplicação profissional, podendo atuar tanto em laboratórios mais simples, como nos mais avançados em termos de instrumentação analítica.

O desenvolvimento do projeto “Análise de conservantes em produtos cárneos” foi uma oportunidade para os educandos conhecerem duas técnicas analíticas instrumentais muito utilizadas atualmente no controle de alimentos: a eletroforese capilar e a cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas (Figura 4). Essas metodologias analíticas são técnicas de separação química e como tais envolvem conhecimentos de preparo da amostra, padronização interna, calibração, fundamentos de separação por cromatografia e por eletroforese, assim como do acoplamento de técnicas analíticas (eletroforese capilar com detecção no UV-visível e cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas em modo tandem).

Os estudantes puderam comparar uma técnica analítica da “Química Verde” (eletroforese capilar), com mínima geração de resíduos, com outra técnica “clássica” (cromatografia líquida), que gera maiores volumes de resíduos de análise.

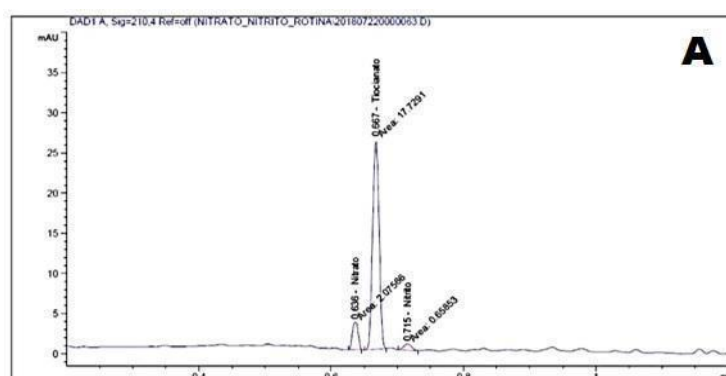


Figura 4. Dois momentos dos alunos como protagonistas de um projeto criativo ecoformador: extração das amostras de produtos cárneos para análise de conservantes (parte A) e análise na sala de cromatografia (parte B)

O preparo das amostras de hambúrguer não só permitiu a visualização dos efeitos sensoriais dos sais de cura, como possibilitou a realização de determinações analíticas cujos resultados foram avaliados pelos próprios alunos, através da lista de exercícios contextualizados. As formulações de hambúrguer preparadas pelos alunos permitiram a quantificação de nitrato e nitrito por eletroforese capilar, bem como a detecção de sorbato nas amostras em que foi adicionado. Curiosamente para a turma, a amostra de “hambúrguer vegetal”, adquirida para o grupo específico de alunos veganos, apresentou uma concentração de nitrato bastante superior aos hambúrgueres preparados pelos alunos (Figura 5). Esse fato já era esperado, porque o nitrato está presente em altas concentrações em muitos vegetais, que são a maior fonte de contribuição dessa espécie para a dieta, ao passo que os produtos cárneos são a maior fonte de contribuição do nitrito (Hsu et al., 2009). Essa questão foi problematizada nas aulas.

Assim, a lista de exercícios contextualizados teve por objetivo promover o ensino por meio da ciência, o que é tão necessário à preparação de cidadãos conscientes de suas implicações para a vida em sociedade. As tarefas se caracterizaram por operações cognitivas que requeriam dos alunos habilidades como resumir e interpretar, entre outras e generalizar. As operações cognitivas se tornam mais complexas quando é necessário apresentar as ideias centrais das informações dadas, requerendo explicações de seu significado e a abstração de conceitos validados em outros contextos (Freire, Silva e Silva Júnior, 2016).

Finalmente, os principais conteúdos teóricos e experimentais abordados durante a execução do projeto foram revisados e consolidados na forma de seminários de polinização preparados pelos próprios alunos. Organizados em quatro grupos, os alunos fizeram apresentações com a duração média de dez minutos cada, falando sobre os seguintes temas: “Uso de conservantes em produtos cárneos” (grupo 1); “Análise de nitrito e nitrato em produtos cárneos por eletroforese capilar de zona” (grupo 2); “Análise de sorbato em produtos cárneos por cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas” (grupo 3) e “Validação e controle de qualidade de métodos analíticos” (grupo 4). Os seminários foram abertos à participação dos alunos de outras fases e de professores do curso, através de convites elaborados pela turma. Os alunos foram capazes de demonstrar os conhecimentos teóricos e experimentais apreendidos com esta sequência didática, fazendo um relato com as suas próprias experiências. Os seminários de polinização foram a etapa final deste PCE e tiveram por objetivo consolidar, difundir e compartilhar conhecimentos químicos, em um processo que contribui para aumentar a inserção da escola na comunidade, do qual os protagonistas são os próprios educandos (Pukall, Silva e Silva, 2017).



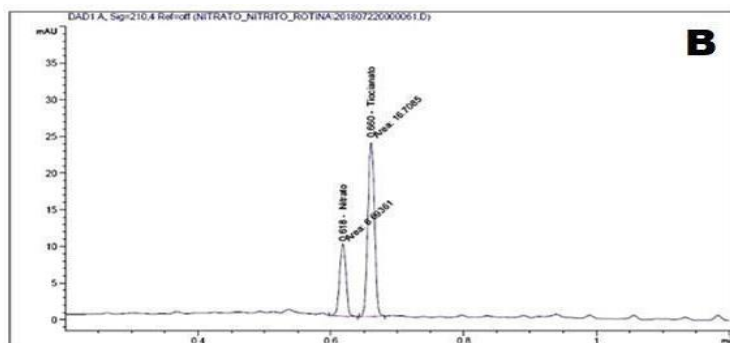


Figura 5. Eletroferogramas das amostras de hambúrguer preparadas pelos alunos (parte A) e de hambúrguer vegetal (Parte B), onde o primeiro pico cromatográfico corresponde ao ânion nitrato.

Avaliação do PCE

A avaliação do projeto foi feita a partir de um formulário eletrônico, por meio do qual os alunos responderam algumas questões abertas e outras questões que solicitavam um julgamento com conceitos entre ótimo, bom, regular ou ruim. A avaliação final do projeto pelos alunos resultou em 22 formulários preenchidos. A importância da união entre teoria e prática foi reconhecida como o fator mais interessante para sua aprendizagem durante o projeto, principalmente devido às visitas ao laboratório e pelo acesso à instrumentação analítica utilizada (essa observação foi manifestada por quinze alunos). Dentre as respostas sobre o que não foi tão interessante e/ou que poderia ter sido diferente, a mais frequente foi a solicitação de teoria antes da prática. A maioria dos alunos (55%) avaliou como bom o controle do tempo para o desenvolvimento das atividades planejadas. Também foi avaliado como bom (55% das respostas) o relacionamento estabelecido entre o licenciando e a turma de estudantes do curso Técnico em Química. Com relação ao domínio do conteúdo discutido em sala, 50% dos alunos avaliaram como ótimo o licenciando (bom, 23%; regular, 23%). Os recursos didáticos e técnicas de ensino foram julgados como de boa adequação ao conteúdo, aos objetivos e ao nível da turma por 55% da turma e a movimentação, postura, autocontrole e entonação de voz do licenciando também foram considerados satisfatórios, com 50% e 45% de classificações como ótimos e bons, respectivamente.

Concluindo, a execução deste PCE foi uma oportunidade única para um Licenciando em Química, devido à experiência de estágio junto ao ensino profissionalizante. Para os alunos, foi uma oportunidade de conhecerem de perto e de forma ativa algumas de suas possibilidades de atuação no mundo do trabalho, características essas que foram reconhecidas de acordo com as respostas fornecidas na avaliação final do projeto.

Considerações finais

Para a realização de um PCE, é necessário haver um processo de formação continuada do professor, que deve estar atento ao contexto social onde seus estudantes estão inseridos para desenvolver novas práticas docentes, mais afetivas e humanizadas, voltadas à natureza e a sociedade. A prática pedagógica utilizando os produtos cárneos

foi relevante para os alunos da última fase do curso Técnico em Química, tornando-os cúmplices do processo de ensino e aprendizagem e aprimorando os conhecimentos dos educandos sobre análise de alimentos. O modelo pedagógico relacionou conhecimentos sobre técnicas analíticas (cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas e eletroforese capilar) com a sua importância para a saúde pública e para a formação acadêmica dos Técnicos em Química. Pelos dados obtidos a partir da realização do PCE, infere-se que este projeto proporcionou aos estudantes experiências importantes para sua inclusão no mundo do trabalho, contribuindo para sua preparação para futuros percursos formativos e ocupações dentro da área da Química. Isso porque os Técnicos em Química são profissionais que podem contribuir para o bem da sociedade, executando nos laboratórios análises importantes para a preservação da saúde pública. Além disso, durante a execução do projeto, tiveram a oportunidade de ver a aplicação prática de métodos analíticos modernos aos quais muitas vezes não se tem acesso durante o ensino profissionalizante convencional.

Na educação profissional, como no curso Técnico Integrado em Química onde foi realizada a experiência aqui relatada, é necessário formar cidadãos críticos que façam uso de seus conhecimentos químicos para a melhoria da sociedade. A experiência educativa relatada dá indícios de que esse objetivo pode ser atingido com o auxílio de uma educação criativa ecoformadora.

Como a experiência aqui apresentada foi desenvolvida a partir da formação inicial de professores, mais especificamente durante o estágio curricular supervisionado de um curso de Licenciatura em Química, tem-se como perspectivas futuras, avaliar a constituição da identidade docente da educação profissional. Com o desenvolvimento do PCE, percebeu-se que, embora as políticas de ensino médio profissional tenham sofrido relevantes alterações conceituais em suas diretrizes nos últimos anos no Brasil, as políticas de formação de professores não salientam na formação inicial essa modalidade de ensino. No Brasil, cerca de 64% dos docentes do ensino médio profissional não são licenciados ou portadores de complementação pedagógica, demonstrando que a relação com a formação pedagógica dos professores da educação profissional técnica de nível médio ainda é muito frágil. Por outro lado, também é necessário preparar os alunos dos cursos tradicionais de licenciatura para integrar a educação profissional, articulando a formação dos alunos para o mundo do trabalho e para a vida (Silva, 2014).

Dessa forma, salienta-se, a partir do estágio realizado, que a formação de professores para atuar no ensino médio integrado merece atenção especial, uma vez que essa modalidade tem atendido a muitos jovens da classe trabalhadora e apresenta características específicas se comparado ao ensino médio regular.

Referências

- Antunes, R., e Alves, G. A. P. (2004). As mutações no mundo do trabalho na era da mundialização do capital. *Educação & Sociedade*, 25(87), 335-351. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-73302004000200003>.
- Bouvard, V., Loomis, D., Guyton, K. Z.; Grosse, Y., El Ghissassi, F., Benbrahim-Tallaa, L.; Guha, N., Mattock, H. e Straif, K. (2015). Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *The Lancet*, 16(16), 1599-1600. doi: [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(15\)00444-1](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(15)00444-1).

- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2006). Instrução Normativa nº 51, de 29 de dezembro de 2006. *Regulamento técnico de atribuição de aditivos*. Brasília: Diário Oficial da União, 2007.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2017). *Notícias. Agropecuária puxa o PIB de 2017*. Recuperado em 10 de maio de 2019, de <http://www.agricultura.gov.br/noticias/agropecuaria-puxa-o-pib-de-2017>.
- Chassot, A. I. (2014). *Para que(m) é útil o ensino? Alternativas para um ensino (de química) mais crítico*. Ijuí: Editora Unijuí.
- Chisté, P. S. (2017). Formação do adolescente no ensino médio integrado: contribuições dos estudos de Vigotski. *Germinal: Marxismo e Educação em Debate*, 9(2), 121-131. doi: <http://dx.doi.org/10.9771/gmed.v9i2.14432>.
- Ciavatta, M. (2014). O ensino integrado, a politecnia e a educação omnilateral. Por que lutamos? *Trabalho & Educação*, 23(1), 187-205.
- Della Betta, F., Pereira, L. M., Siqueira, M. A., Valesse, A. C., Daguer, H., Fett, R, e Costa, A. C. O. (2016). A sub-minute CZE method to determine nitrate and nitrite in meat products: An alternative for routine analysis. *Meat Science*, 119, 62-68. doi: <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.011>.
- Freire, M. S., Silva, M. G. L., e Silva Júnior, C. N. (2016). Análise de instrumentos de avaliação como recurso formativo. *Química Nova na Escola*, 38(1), 33-39. doi: <http://doi.org/10.5935/0104-8899.20160006>.
- Honikel, K. O. (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78, 68-76. doi: <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.030>.
- Hsu, J., Arcot, J., e Alice Lee, N. (2009). Nitrate and nitrite quantification from cured meat and vegetables and their estimated dietary intake in Australians. *Food Chemistry*, 115(1), 334-339. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.081>.
- Kuenzer, A. Z. (2011). A formação de professores para o ensino médio: velhos problemas, novos desafios. *Educação e Sociedade*, 32(116), 667-688. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-73302011000300004>.
- Molognoni, L., Daguer, H., Plôêncio, L. A. S., e Lindner, J. D. D. (2018). A multi-purpose tool for food inspection: Simultaneous determination of various classes of preservatives and biogenic amines in meat and fish products by LC-MS. *Talanta*, 178, 1053-1066. doi: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.08.081>.
- Moura, D. H. (2007). Educação básica e educação profissional e tecnológica: dualidade histórica e perspectivas de integração. *Holos*, 2, 4-30. doi: <http://doi.org/10.15628/holos.2007.11>.
- Penteado, J. C., Angnes, L., e Masini, J. C. (2005). FIA-spectrophotometric method for determination of nitrite in meat products: An experiment exploring color reduction of an azo-compound. *Journal of Chemical Education*, 82(7), 1074-1078. doi: <http://doi.org/10.1021/ed082p1074>.
- Pukall, J. P., Silva, V. L. S., e Silva, A. R. (2017). *Projetos criativos ecoformadores na educação básica: uma experiência em formação de professores na perspectiva da criatividade*. Blumenau: Nova Letra.

- Pérez-Prior, M. T., Manso, J. A., Gómez-Bombarelli, R., González-Pérez, M., García-Santos, M. P., Calle, E. e Casado, J. (2008). Reactivity of some products formed by the reaction of sorbic acid with sodium nitrite: Decomposition of 1,4-dinitro-2-methylpyrrole and ethylnitrolic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 11824-11829. doi: <http://doi.org/10.1021/jf802822y>.
- Ramos, M. (2008). *Concepção do ensino médio integrado (Seminário)*. Secretaria de Educação do Estado do Pará nos dias 08 e 09 de maio de 2008. Recuperado em 20 de abril de 2008, http://forumeja.org.br/go/sites/forumeja.org.br.go/files/concepcao_do_ensino_medio_integrado5.pdf.
- Ribeiro, E. C. S., Sobral, K. M., e Jataí, R. P. (2016). *Omnilateralidade, politecnia, escola unitária e educação tecnológica: uma análise marxista*. I JOINGG – Jornada Internacional de Estudos e Pesquisas em Antonio Gramsci. VII JOREGG – Jornada Regional de Estudos e Pesquisas em Antonio Gramsci. Práxis, Formação Humana e a Luta por uma Nova Hegemonia. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará – Faculdade de Educação.
- Santos, W. L. P., e Schnetzler, R. P. (2003). *Educação em Química: compromisso com a cidadania*. 3ª ed. Ijuí: Editora Unijuí.
- Saviani, D. (2007). Trabalho e educação: fundamentos ontológicos e históricos. *Revista Brasileira de Educação*, 12(34), 152-180. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-24782007000100012>.
- Silva, F. L. G. R. Identidade profissional dos professores da educação profissional técnica de nível médio no Brasil e em Santa Catarina: desafios para a sua formação (Tese). 2014. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (Programa de Pós-graduação em Educação).
- Zwierewicz, M. (2011). Formação docente em projetos criativos ecoformadores. *Revista Electrónica de Investigación y Docencia*, 6, 99-112.

ⁱ O curso técnico integrado, também chamado de ensino médio técnico, oferece a formação geral de forma integrada à formação profissional. No IFSC, o aluno tem as disciplinas do currículo normal do ensino médio e as específicas do curso técnico escolhido. A duração média é de quatro anos.

ⁱⁱ Preferimos nos referir ao “mundo do trabalho”, pensando em um ambiente onde se desenvolvem as forças produtivas que se mantém aberto às descobertas profissionais dos educandos, de acordo com suas qualidades e aptidões, no lugar de “mercado de trabalho”, que simplesmente relaciona a oferta da força de trabalho àqueles que a procuram, em um sistema onde se negociam preços e quantidades (Antunes e Alves, 2004).

Data da recepção: 26/07/2019

Data da revisão: 22/10/2019

Data do aceite: 23/10/2019