UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
QUÍMICA - LICENCIATURA

EDSON EDNALDO DA SILVA

EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA: O ENSINO DE CONCEITOS QUÍMICOS A PARTIR DE ESTUDOS DE DEGRADAÇÃO DAS ANTOCIANINAS PRESENTES NO FRUTO DA PALMA DE ESPINHOS (*OPUNTIA DILLENII HAW)*

Caruaru

2021

EDSON EDNALDO DA SILVA

EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA: O ENSINO DE CONCEITOS QUÍMICOS A PARTIR DE ESTUDOS DE DEGRADAÇÃO DAS ANTOCIANINAS PRESENTES NO FRUTO DA PALMA DE ESPINHOS (*OPUNTIA DILLENII HAW)*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Área de concentração: Ensino de Química

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Lima Guimarães

Caruaru

2021

Catalogação na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

S586e Silva, Edson Ednaldo da.
Experimentação investigativa: o ensino de conceitos químicos a partir de estudos de degradação das antocianinas presentes no fruto da palma de espinhos (Opuntia dillenii haw). / Edson Ednaldo da Silva. – 2021.
48 f. ; il. : 30 cm.

Orientador: Ricardo Lima Guimarães.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Licenciatura em Química, 2021.
Inclui Referências.

1. Experimentação. 2. Antocianinas. 3. Compostos orgânicos. 4. Química – Estudo e ensino. I. Guimarães, Ricardo Lima (Orientador). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.) UFPE (CAA 2021-116)

FOLHA DE APROVAÇÃO DO TCC

EDSON EDNALDO DA SILVA

EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA: O ENSINO DE CONCEITOS QUÍMICOS A PARTIR DE ESTUDOS DE DEGRADAÇÃO DAS ANTOCIANINAS PRESENTES NO FRUTO DA PALMA DE ESPINHOS (*OPUNTIA DILLENII HAW)*

TCC apresentado à Universidade Federal de Pernambuco, como parte das exigências para a obtenção do título de graduado em Química-Licenciatura.

Caruaru, 05 de maio de 2021.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Ricardo Lima Guimarães (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. José Ayron Lira dos Anjos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Me. Jeisyanne Suélen Alves de Souza (Examinadora Externa)
Secretaria Estadual de Educação - PE

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado a vida e a chance de trilhar pelo caminho da busca pelo conhecimento.

Em segundo agradeço a minha família, em especial aos meus pais, Edinaldo e Genilda e minha irmã Edvania, por me incentivarem a percorrer esse caminho e por aguentarem meus momentos de estresse provenientes do mesmo.

Em terceiro agradeço a todos os professores que fizeram parte da minha trajetória até aqui, desde o fundamental 1, até a graduação, em especial a minha primeira professora, que é também a minha mãe, que mesmo tendo estudado até a quarta série do ensino fundamental apenas, foi a pessoa que me ensinou a ler e escrever as primeiras palavras e a fazer as primeiras contas de matemática, abrindo assim o caminho para todo conhecimento acadêmico que construí até então.

Agradeço também aos amigos que fiz na Universidade, que vêm me ajudando na execução de vários trabalhos, inclusive esse; em especial a Érica e a Michele que me acompanham desde o primeiro período nessa jornada.

E finalmente agradeço ao meu querido orientador Ricardo, que teve a paciência em me orientar na elaboração desse trabalho, que por diversos fatores, possui mais de dois anos de duração desde seu planejamento até sua finalização.

RESUMO

Diante da escassez do uso de metodologias que valorizem a investigação como ferramenta para o ensino de conceitos químicos, sobretudo nas disciplinas de laboratório, este trabalho apresenta uma análise sobre como um experimento investigativo pode auxiliar na compreensão de determinados conceitos químicos. Para tanto, foi desenvolvido, como objetivo do estudo, um experimento investigativo com base no estudo da degradação das antocianinas, a partir dos extratos do fruto da Palma de Espinhos (*Opuntia dillenii haw*), procurando avaliar como o experimento pode auxiliar na compreensão dos conceitos relacionados aos processos de degradação de compostos orgânicos. Assim sendo, uma sequência de ensino por investigação foi elaborada e aplicada com três discentes do 9º período do curso de Química – Licenciatura do Campus do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco. Os resultados obtidos foram analisados com base nas proposições de Carvalho quanto aos elementos e potencialidades do Ensino por Investigação e nas proposições de Piaget de como ocorre o processo de aprendizagem. Os resultados, apontam para um bom potencial da atividade aplicada, uma vez que, colabora com os conceitos abordados por Piaget. Sendo claro a presença de situações em que são evidentes a manifestação de processos cognitivos, como a assimilação, adaptação e reequilibração. Aliado a isso, a atividade proposta consegue contemplar um grau de liberdade pelo menos igual a três como proposto por Carvalho. O que pode auxiliar no desenvolvimento de habilidades críticas e/ou argumentativas acerca de diversos conceitos, sendo de destaque os conceitos físico-químicos, associados à degradação de compostos orgânicos. No entanto, é necessário ressaltar o cuidado que deve existir por parte do aplicador e/ou uma maior familiaridade do uso de tal metodologia por parte dos participantes; para que, assim, os resultados sejam efetivos.

Palavras chaves: Ensino por investigação. Experimentação investigativa. Antocianinas. Degradação de compostos orgânicos.

ABSTRACT

In view of the scarcity of the use of methodologies that value research as a tool for teaching chemical concepts, especially in laboratory disciplines, this work presents an analysis of how an investigative experiment can help in the understanding of certain chemical concepts. To this end, an investigative experiment was developed, based on the study of anthocyanin degradation, from extracts of the fruit of the opuntia, commonly called prickly pear (Opuntia dillenii haw), seeking to evaluate how the experiment can help in understanding the concepts related to the degradation processes of organic compounds. Therefore, a sequence of teaching by investigation was developed and applied with three students from the 9th period of the Chemistry course from the Campus do Agreste of the Federal University of Pernambuco. The results obtained were analyzed based on the propositions of Carvalho as to the elements and potentialities of teaching by investigation and on the propositions of Piaget of how the learning process occurs. The results point to a good potential of the applied activity, since it collaborates with the concepts approached by Piaget. It is clear the presence of situations in which the manifestation of cognitive processes, such as assimilation, adaptation and rebalancing, is evident. Allied to this, the proposed activity manages to contemplate a degree of freedom at least equal to three as proposed by Carvalho. What can help in the development of critical and/or argumentative skills about several concepts, with emphasis on the physicochemical concepts, associated with the degradation of organic compounds. However, it is necessary to emphasize the care that must exist on the part of the applicator and/or greater familiarity with the use of such methodology by the participants; so that the results are effective.

Keywords: Research teaching. Investigative experimentation. Anthocyanins. Degradation of organic compounds.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação da estrutura policíclica de carbono que origina as antocianinas. 22
Figura 2 – Representação das possíveis mudanças de estrutura das antocianinas com a mudança de pH. 23
Figura 3 – Imagem da Opuntia dillenii 27
Figura 4 – Imagem do preparo do extrato pela maceração dos frutos em água 34
Figura 5 – Imagem da filtração do extrato. 34
Figura 6 – Imagem do gráfico de absorbância de uma amostra com uma concentração alta de extrato. 35
Figura 7 – Imagem das amostras preparadas pelo participante 2 37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 9

2 OBJETIVOS 12

2.1 OBJETIVO GERAL 12

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 13

3.1 ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO 13

3.1.1 O ensino por investigação e a aprendizagem segundo Piaget 15

3.1.2 Experimentação investigativa no ensino de química 16

3.2 CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA 20

3.3 QUÍMICA DAS ANTOCIANINAS 21

3.3.1 O uso de antocianinas no ensino de Química 23

3.4 FÍSICO QUÍMICA DE DEGRADAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS 24

4 METODOLOGIA 26

4.1 TIPO DE PESQUISA E PÚBLICO-ALVO 26

4.2 DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO 26

4.3 COLETA E DISCUSSÃO DOS DADOS 28

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 29

5.1 UMA BREVE ANÁLISE DAS RESPOSTAS DADAS AO QUESTIONÁRIO INICIAL 29

5.2 VIVÊNCIA DA SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COM FOCO NA EXPERIMENTAÇÃO 31

5.3 A RELAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM OS GRAUS DE LIBERDADE DISCUTIDOS POR CARVALHO 39

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 40

REFERÊNCIAS 42

APÊNDICE A – PROBLEMÁTICA 46

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO EXPLORATÓRIO 48

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história tornou-se crescente a busca por conhecimento, seja este construído com o objetivo de entender o homem em sua essência e o meio no qual está inserido; ou baseado no desenvolvimento de técnicas e ferramentas, que venham a ser usadas na melhoria das condições de vida. Para que esses conhecimentos – em suas diferentes formas – cheguem a todos, busca-se melhorias e inovações nos métodos que visem a excelência no ensino e aprendizagem. Apesar disso, ainda é grande o emprego de metodologias engessadas que visam exclusivamente a reprodutibilidade de informações e técnicas, que ao final do processo de ensino-aprendizagem pouco agregam na construção de novos conhecimentos, fazendo assim com que sejam tidos apenas como fim e não como meio.

Com isso em mente é de grande importância a busca por ações que façam os aprendentes perceberem-se como participantes na construção do conhecimento científico, sem ficarem reféns de uma educação bancária (FREIRE, 1996).

Nessa procura, uma das ferramentas mais utilizadas e essencial ao ensino de ciências é a experimentação. De acordo com Taha et al. (2016), a experimentação pode ser usada de diferentes formas dependendo do objetivo do professor, sendo destacado pela autora quatro tipos de metodologias; a experimentação *show*, experimentação ilustrativa, experimentação investigativa e a experimentação problematizadora.

Dentre elas a mais utilizada no ensino básico é a experimentação ilustrativa, onde o professor usa a experimentação para ilustrar conceitos que estão sendo trabalhados em aula. Como maior característica deste tipo de experimentação, podemos citar a execução total do experimento por parte do docente, tendo o estudante como agente passivo do processo, sem abrir espaço para o próprio construir e discutir sua interpretação dos fenômenos presenciados, ficando preso à interpretação dada pelo professor. Ainda que se abra a discussão, será muito rasa e em torno do objetivo inicial, que neste enfoque é basicamente visualizar a aplicação pontual da teoria. Embora muito utilizada, ela acaba por não contribuir de forma significativa para uma educação crítica, colaborando com a ideia de aprendizagem por acúmulo de informações.

Embora essa seja a realidade atual do ensino básico e, apesar dos cursos de formação docente buscarem a formação de profissionais compromissados, com um ensino pautado na formação crítica, muitas das práticas adotadas ainda remetem a um tipo de ensino tecnicista[1],

[1] Tipo de ensino que prioriza a técnica em detrimento do pensamento crítico. Já que a escola é vista apenas como local de capacitação de mão de obra qualificada. Assim os alunos e professores estão ali somente para adquirir e repassar o conteúdo programado pelo sistema. (CAMPOS et al, 2011)

criando uma atmosfera de incoerência entre a teoria pregada e a vivência das atividades. No curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), no Campus do Agreste (CA), podemos perceber essa contradição, pois além dos discentes já estarem acostumados com certas práticas não muito construtivistas vindas do ensino básico, na universidade eles se deparam com uma realidade que a enfatiza. Nas disciplinas de laboratório (experimentais), diferente da experimentação ilustrativa presenciada no ensino básico, temos a situação em que os discentes que o fazem, mas o fazem seguindo um roteiro experimental que mais parece uma receita culinária. No fim da prática, ou melhor, uma semana após sua realização, entrega-se um relatório dos resultados obtidos, que muitas vezes se limita à discussão de se o objetivo final foi alcançado ou não. Apesar de esse não ser o objetivo idealizado pelos docentes, é o que ocorre na maioria das vezes, pois os estudantes já trazem um histórico de não refletir sobre as práticas experimentais.

Assim sendo, mesmo que se mude o agente executor, a meta parece ser apenas cumprir o que se pede objetivamente no roteiro, caracterizando o uso da experimentação como reprodução de técnicas laboratoriais, podendo o discente, na melhor das hipóteses, apenas aprender as técnicas para ao fim reproduzi-las na formulação de experimentos ilustrativos para o ensino básico. Isso, porque, esse é o método com o qual ele está familiarizado, assim o uso do experimento continuará seu ciclo de recurso mecânico de ensino.

Contudo, segundo Giordan (1999), originalmente a experimentação, deve ser utilizada em sua essência como método investigativo na análise de fenômenos, favorecendo, portanto, a reflexão dos estudantes; de modo que; eles criem hipóteses e as testem, estabelecendo ligações entre o fenômeno estudado e as teorias existentes. Ou ainda se possível, usá-las como base para a geração de novas (teorias), caracterizando-se como uma importante ferramenta na construção dos conhecimentos científicos.

É importante salientar que além do uso mecânico da experimentação nos cursos de formação de professores de Química, a maioria das práticas tratam do assunto de forma fragmentada e descontextualizada. Objetivando atender apenas o ramo da química para o qual é destinada aquela disciplina, fato que pode até se mostrar interessante para discentes que desejam seguir em uma carreira acadêmica destinada a alguma área especifica da Química pura. No entanto, para aqueles que almejam ir para o ensino básico, essa separação ergue mais uma barreira a ser vencida para a construção de uma prática que viabilize o ensino de qualidade.

Entendemos que um ensino de qualidade visa não apenas que o aluno aprenda (decore) conteúdos isolados, mas que o faça entender que aquilo que ele vivência em sala tem um alcance (ou não necessariamente) para além dela, com repercussões em seu cotidiano. Portanto, o ensino

de ciências não se deve pautar pela mera transmissão de conteúdos de forma desconexa com a realidade, mas sim possibilitar aos alunos o entendimento dela e os seus contextos.

Isto posto, somando-se o interesse do pesquisador por plantas que possuem altos teores de antocianinas presentes no bioma caatinga (nativas ou não), este trabalho tem como problema de pesquisa a seguinte questão: como um experimento investigativo, que tem como base o estudo da degradação das antocianinas de extratos do fruto da Palma de Espinhos (*Opuntia dillenii haw*), pode auxiliar na compreensão de conceitos físico-químicos relacionados aos processos de degradação de compostos orgânicos? A escolha da Palma de Espinhos (*Opuntia dillenii haw*) – de origem estrangeira – se dá pela grande importância regional e social dessa planta, utilizada principalmente na construção de cercas vivas para contenção de animais de médio porte como caprinos e ovinos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar como um experimento investigativo pode auxiliar na compreensão dos conceitos relacionados aos processos de degradação de compostos orgânicos, tendo como base o estudo da degradação das antocianinas presente no fruto da Palma de Espinhos (*Opuntia dillenii haw*).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Propor um experimento para o estudo de degradação de antocianinas usando o fruto da Palma de Espinhos (*Opuntia dillenii haw*);
- Analisar como a experimentação investigativa pode auxiliar a aprendizagem de conceitos físico-químicos associados à degradação de compostos orgânicos por discentes do curso de Química – Licenciatura do CA com base na teoria Piagetiana de aprendizagem;
- Qualificar a aplicação do experimento investigativo a partir das discussões trazidas por Carvalho, acerca do processo de ensino por investigação.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO

Há um consenso quando se fala do déficit na qualidade de ensino brasileira (BASTOS, 2017), desde a infraestrutura das escolas às metodologias utilizadas pelos professores, que muitas vezes são desatualizadas, pondo-se em prática ideias engessadas de ensino, usadas principalmente por serem mais cômodas aos aplicadores, ou por esses não conhecerem metodologias que possam ser aplicadas na realidade a qual estão inseridos. Isso favorece com que o ensino como um todo, não só o de ciências, seja precarizado.

Com base nisso, é crucial o desenvolvimento de metodologias que mobilizem os professores a mudar esse cenário. Uma possível metodologia, pouco discutida na literatura, é o ensino por investigação, caracterizado pelo uso de alguns artifícios (evidências) para mobilizar os alunos para na busca da compreensão e construção dos conhecimentos, possibilitando aprendizagem plural, que engloba não somente os aspectos teóricos, mas também a compreensão dos procedimentos; de modo a desenvolver atitudes efetivas acerca dos conteúdos trabalhados (BRITO; FIREMAN, 2018).

Apesar do Ensino por Investigação não ser uma metodologia nova, tendo origem em meados do século XIX nos Estados Unidos com a influência da ciência indutiva como aborda (BRITO; FIREMAN, 2018), no Brasil ainda são poucas as discussões acerca do uso dessa metodologia no ensino de ciências; relegada à um ideal de metodologia de ensino a ser aplicada, mas com pouco incentivo prático; sendo mais frequentemente abordada em pesquisas do ramo.

Embora o ensino de ciências por investigação seja tratado como uma forma natural de ensino por alguns autores, também predomina uma visão muito simplista desta, geralmente por desconsiderar alguns aspectos importantes do processo de ensino e aprendizagem; bem como os critérios necessários para um ensino por investigação (MUNFORD; LIMA, 2007).

Para ser efetivo, esse tipo de metodologia deve levar em conta alguns pontos importantes como trata Carvalho (2018), um ensino por investigação propicia aos alunos um maior grau de liberdade quanto ao pensar, falar, ler e escrever; sendo o professor uma espécie de mediador. Esse grau de liberdade pode variar conforme a familiarização dos alunos e do professor com essa metodologia.

Carvalho (2018) traz as formas de ensino relacionadas aos graus de liberdade ou de protagonismo de cada um dos participantes desse processo, no caso professor e alunos. Ele divide em cinco graus de liberdade, em que se avançando do grau 1 ao 5 vai aumentando o

protagonismo dos alunos nas atividades quanto diminui a interferência do professor nas ações realizadas pelos alunos. Do Grau 1 ao 2, refere-se à um ensino diretivo ou “ensino tradicional”, em que o professor é o detentor do saber e cabe aos alunos serem os receptores desse sem exigência de criticidade (CARVALHO, 2018).

No grau 2 há uma diminuição considerável da interferência do professor, mas ele ainda é o detentor do saber, fazendo alguns questionamentos pontuais, mas que a resposta já está pronta e aos alunos resta apenas verbalizar essa resposta ou externalizar suas dúvidas para que o professor venha a saná-las (ou pelo menos tentar).

A partir do grau de liberdade 3 começa a existir um protagonismo dos alunos, o que torna possível a evidenciação de um ensino por investigação, mesmo que em menor grau de participação. Aqui os alunos já têm parte na formulação do conhecimento que venham a adquirir. Nesse grau de liberdade o professor atua como norteador levantando questões, auxiliando na formulação de hipóteses e na construção de um plano de trabalho. Com essa formulação em conjunto com o professor, cabe aos alunos buscarem por meio da vivência do plano de trabalho validarem as hipóteses levantadas inicialmente ou refutá-las; tendo como resultados a conclusão da sequência que se dá pelas contribuições das duas partes, no caso o professor e os alunos.

No grau de liberdade 4, o professor apenas lança o problema inicial e cabe aos estudantes desenvolverem hipóteses, plano de trabalho e a obtenção de resultados, ao fim a conclusão dos resultados obtidos se dá em conjunto. No último grau os alunos assumem o total controle sobre o que, e como vão pesquisar; cabendo ao professor ser apenas um consultor e participar na discussão da conclusão que os estudantes elaboraram.

Essa progressão de graus de liberdade deve se dar de forma progressiva para que as partes envolvidas se acostumem com a forma de trabalho utilizado, pois não adianta nada querer passar de um grau de liberdade dois; onde o professor detém o controle das aulas e assuntos abordados e os alunos estão condicionados a receberem o conteúdo pronto, sem nenhuma discussão de como este foi elaborado, para um grau de liberdade cinco, onde eles terão que formular perguntas e procurar pesquisar por si próprios. Esse método pode até dar certo em certos casos, dependendo do nível de interesse dos alunos, mas a chance de o resultado não ser satisfatório é bem maior. Já que lhes falta uma confiança de que podem realizar tais ações, sendo o professor para eles aquele que possui o nível de conhecimento necessário para tal e eles estão bem abaixo dele, pois não passaram por uma universidade, lugar tido como onde se fazem pesquisas e de onde se origina grande parte do conhecimento científico. Com essas observâncias, identifica-se uma precipitada separação do que se pode aprender ou fazer na

escola, e o que se aprende ou o que se faz nas universidades, como comenta Munford e Lima (2007), sobre a infeliz separação entre a ciência da escola e a dos cientistas.

No entanto, apesar dessa separação metodológica e conceitual da ciência da escola para a da academia, na prática dependendo do curso até mesmo na universidade existe uma escassez da prática investigativa. A despeito do mostrado no PPC do curso de Química – Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco do Campus do Agreste, em que há a preocupação com a ação investigativa, essa acaba por ficar restrita aos grupos de pesquisa ou às disciplinas especificas que se dirigem às áreas de pesquisa ou de metodologias do ensino. Pois nas disciplinas focadas no ensino de conceitos já estabelecidos a forma de ensino acaba remetendo ao que é visto nas escolas; com o mínimo de pensamento crítico dos discentes, fazendo com que estes vivenciem uma dicotomia entre teoria e prática. Enquanto em uma aula de metodologia de ensino ou de didática, aprendem que o ensino deve ser crítico e priorizar uma formação que faça com que os alunos sejam os protagonistas do processo educativo. Na aula seguinte, se pegam decorando fórmulas para poder resolver questões que só fazem sentido no contesto de exercitar o conteúdo abordado, fazendo o futuro professor se perguntar o porquê de estar estudando aquilo, já que parece desnecessário o uso daqueles conceitos em uma aula de Química do ensino médio ou de ciências do ensino fundamental.

Então mesmo que se vise a formação de profissionais que por meio de sua prática formem cidadãos críticos, protagonistas de suas vidas escolares (UFPE, 2013), com um formato de ensino no qual é evidente um conflito de ideias entre as cadeiras do curso, acaba por desnortear ou até mesmo influenciar negativamente na formação do futuro docente que acabará por se tornar mais um que fará uso de metodologias engessadas, pois além de ser mais fácil é também a que ele está acostumado desde o ensino primário.

3.1.1 O ensino por investigação e a aprendizagem segundo Piaget

A metodologia do ensino por investigação pode ser caracterizada pela aplicação de uma SEI (Sequência de Ensino por Investigação) que engloba desde o planejamento inicial da sequência até a sua conclusão, como visto em Carvalho (2018). O uso dessa metodologia pode se embasar nas ideias de Piaget de como se dá a construção da aprendizagem.

Em Piaget (2009), ele traz que a aprendizagem se dar por um estado de equilibração móvel onde se tem a perturbação do estado anterior pela ascensão de uma questão ou problema. E por meio da assimilação de ideias e conceitos ao conhecimento prévio, o indivíduo busca resolver essa situação, reestabelecendo uma situação de equilíbrio mental que não pode ser em

um nível abaixo ou igual, ou ainda não pode se tornar um equilíbrio imutável, sendo esse passível de perturbações à medida que se acolha novos problemas ou assimila-se informações que venham a contribuir na ressignificação dos problemas e soluções anteriores, tendo assim um rearranjo do conhecimento. Então com base nisso, o ensino por investigação busca contemplar tais aspectos por meio da aplicação de ferramentas que façam com que os alunos desestabilizem seu estado de equilíbrio inicial e busquem por meio da vivência do plano de atividades (feito por eles em conjunto com o professor ou sozinhos dependendo do nível de liberdade pretendido) assimile-se novas ideias e informações para que se construa um novo estado de equilíbrio temporário.

3.1.2 Experimentação investigativa no ensino de química

Embora quando se pense no ensino de ciências por investigação venha logo à mente o uso da experimentação como forma de obtenção de dados para resolução de problemas; essa ideia pode estar totalmente equivocada, pois dependendo do contexto esse tipo de atividade nem venha a fazer parte do ensino por investigação, assim como esta também pode não se restringir a atividades experimentais, podendo ter investigações que se utilizem só de lápis e papel (CARVALHO, 2018).

Por outro lado, a experimentação pode adquirir várias funções sendo muito usada no ensino de ciências como ferramenta voltada especialmente para conceitos que possam ser visualizados facilmente através de uma demonstração prática. Muitas vezes é caracterizada pelos profissionais que fazem uso dela, como sendo um recurso de caráter lúdico que prende a atenção dos estudantes na aula (GIORDAN, 1999). Porém, o despreparo dos docentes decorrente de uma má formação, como trazem Ataíde e Silva (2011), acaba por não propiciar o uso devido de tal ferramenta, ficando apenas restrita a uma metodologia superficial que pouco agrega, servindo de enfeite para uma aula tradicional.

Taha et al (2016) fala sobre várias metodologias que podem ser empregadas no uso da experimentação. Ela especificamente trata de quatro: a experimentação *show*, experimentação ilustrativa, experimentação investigativa e experimentação problematizadora. As duas primeiras trazem o foco no professor como executor do processo, utilizando-se da experimentação como meio de chamar a atenção para certos fenômenos, com a experimentação *show*, ou servindo apenas de exemplo prático da teoria discutida em sala na experimentação ilustrativa. Em contraponto a essas duas, a experimentação investigativa e a problematizadora têm seu foco no aluno, permeando a ideia do estudante como construtor do próprio

conhecimento, afastando-se do pensamento de ensino por acúmulo de informações. A primeira retoma a ideia de ensino por investigação, tratando o professor como mediador norteando os alunos na investigação dos fenômenos vivenciados, para que estes possam construir o entendimento do conteúdo através da experimentação que é feita com o propósito de responder a um problema delimitado inicialmente. Já na segunda, o professor assume o papel de problematizador, sempre levantando questionamentos sobre as hipóteses levantadas para que, com a busca por respostas, os estudantes possam construir o conhecimento através dos questionamentos feitos e as hipóteses levantadas por eles.

Concordando com as duas propostas de experimentação que tem caráter investigativo, Giordan (1999) traz que a função da experimentação está ligada intrinsecamente à construção do saber científico. Então, além de elemento lúdico e demonstrativo que muitas vezes adquire, a experimentação não pode se afastar desse aspecto investigativo característico do método científico.

Por causa desses valores que validam o uso da experimentação como um importante instrumento metodológico no ensino de ciências, muitos trabalhos são feitos trazendo propostas de uso da experimentação no ensino de química. Isso pode ser observado nas seções em revistas científicas dedicadas exclusivamente a trabalhos sobre essa temática, como na revista Química Nova na Escola, que possui a seção Experimentação no Ensino de Química. Lá podem ser encontrados trabalhos como os de Vaz et al (2012); Almeida et al (2008); Antunes et al (2009); Merçon, Guimarães e Mainier (2011); Mimura, Sales e Pinheiro (2010); Oliveira, Resende Filho e Andrade (2011), dentre outros. Estes trabalhos trazem propostas e aplicações de diversos tipos de experimentos, desde reações químicas, estudando a oxidação e redução dos metais, como no artigo sobre "Sistemas Experimentais para o Estudo da Corrosão em Metais" de Merçon, Guimarães e Mainier (2011), a propriedades físicas da matéria, estudando a viscosidade e densidade de líquidos, como em "Uma Experiência Didática sobre Viscosidade e Densidade" de Vaz et al (2012).

Embora seja evidente o esforço dos autores desses trabalhos em trazer colaborações para o ensino, muitos enveredam por uma vertente um pouco rígida do uso da experimentação, trazendo em seus textos apenas o roteiro da experimentação e sua fundamentação cientifica, com pouco ou nenhum fundamento pedagógico que justifique tal uso. Trabalhos como os de Mimura, Sales e Pinheiro (2010) e Almeida et al (2008) ilustram essa característica.

Mimura, Sales e Pinheiro (2010), em seu trabalho intitulado "Atividades Experimentais Simples Envolvendo Adsorção sobre Carvão", traz de início uma curta inserção contextual dos experimentos propostos no cotidiano, sem se aprofundar muito sobre. Após isso, coloca um

referencial teórico que explica de forma cientifica todo o funcionamento dos experimentos propostos e em seguida um roteiro de como deve ser executado cada experimento. No primeiro experimento, ele coloca como objetivo testar a adsorção do corante de um refresco artificial a dois tipos de carvão, vegetal e ativado, os quais possuem diferentes graus de porosidade o que deve interferir na adsorção do pigmento presente no refresco. O outro experimento descrito averigua a retenção pelo carvão dos compostos de enxofre liberados pela cebola e alho, colocando-os em um recipiente tapado com um filtro contendo carvão triturado, simulando uma máscara de gás para que os alunos sintam se há mudança na intensidade do odor, com e sem o filtro de carvão. Após cada experimento os autores propõem questões sobre os experimentos que podem ser respondidas pelos alunos com base nas observações.

Para estes experimentos propostos, pode-se perceber um grande potencial para a participação ativa dos alunos já que o manuseio dos materiais é fácil e não há risco de acidentes que possam machucar alguém, porém como está posto no trabalho, e em diversos outros de mesma natureza, a função dos alunos é nada além de reproduzir o processo e observar os resultados decorrentes do experimento. Aqui a experimentação se aproxima de certa forma da experimentação ilustrativa proposta por Taha et al (2016), em que a única diferença se dá pelo fato de o experimento ser executado pelos estudantes, porém a característica principal de ilustrar um conceito na prática, está presente.

Almeida et al. (2008) no seu trabalho intitulado “Catalisando a Hidrólise da Ureia em Urina”, similar ao visto em Mimura, Sales e Pinheiro (2010), traz uma abordagem didática do experimento com pouco fundamento, e apesar de a proposta apresentar potencial para abordar tais temáticas de contextualização e cotidiano, os autores apenas se detém a tratá-lo de forma técnica, sem um aporte teórico que justificasse seu uso como ferramenta de ensino válida. O texto traz o aporte teórico de forma técnica, explicando o fenômeno que virá a ser desencadeado por meio do experimento, uma lista de materiais e metodologia de realização da experiência, e por fim, três questões que podem ser respondidas pelos alunos com base no experimento ou pesquisas acerca do conteúdo. O experimento proposto consiste em catalisar a hidrolise da ureia presente na urina por meio da enzima urease existente nas sementes de melancia. Para visualizar o fenômeno o autor indica o uso de indicadores de pH, como o extrato do repolho roxo para averiguar o avanço da reação. Com esses elementos (e outros presentes no texto), são vastas as possibilidades do uso desse experimento, porém os autores se prenderam apenas à química das reações envolvidas, esquecendo o lado pedagógico do experimento, cabendo a possíveis aplicadores fazerem suas contribuições metodológicas acerca de uma possível aplicação.

Embora os trabalhos anteriores tenham sido retratados como pouco agregadores ao ensino, os demais que se seguem não se distanciam muito, pois mesmo que tragam um aporte didático em seus trabalhos os autores se prendem a visões superficiais, dando ênfase a ideias com o uso do experimento como ferramenta de ensino isolada ou seja feita para cativar os alunos, contextualizar algum assunto ou executar de forma física o que está sendo visto na teoria.

No trabalho "Sistemas Experimentais para o Estudo da Corrosão em Metais" de Merçon, Guimarães e Mainier (2011), eles trazem uma proposta de experimento simples que deve ser realizado em um intervalo de tempo de 1 mês, no qual será estudado a influência de dois sistemas (estático e dinâmico) no fenômeno de oxidação e redução de metais. Para validar o uso desse experimento, além da parte conceitual sobre, trazem também uma ideia de contextualização consistente que se aproxima do apresentado por Wartha e Alário (2005), que ver a contextualização como forma de contribuir para a formação social, política, econômica e cultural dos alunos; mesmo esse sendo um aspecto importante, ainda é insuficiente para a construção do conhecimento científico, faltando uma maior preocupação quanto a participação ativa dos alunos.

Oliveira, Resende Filho e Andrade (2011) em seu trabalho intitulado "Identificação de Ácido Salicílico em Produtos Dermatológicos Utilizando-se Materiais Convencionais", traz uma proposta e aplicação de um experimento feito para verificar a presença do referido ácido em amostras de adstringentes a base deste. Para validar a aplicação do experimento, ele disserta sobre a importância da experimentação no ensino de Química. Nessa fala ele destaca aspectos contextualizadores e que buscam reafirmar o conhecimento já construído em sala; ideias essas que influenciam na aplicação realizada pelo autor. Sobre a aplicação, o autor destaca que essa tem resultados que colaboram com a visão da experimentação como elemento motivador do ensino, restringindo assim todo o potencial que essa possa ter como elemento de construção de conhecimento científico.

Antunes et al (2009) em seu trabalho "pH do Solo: Determinação com Indicadores Ácido-Base no Ensino Médio", demostra interesse em apresentar um experimento que vise contribuir para um ensino que integre os conhecimentos, sem que estes sejam passados para os alunos de forma fragmentada. Porém como no trabalho anterior a forma como o experimento foi aplicado gerou resultado tidos pelo autor como proveitosos, mas que ver a experimentação apenas como um instrumento motivador.

No trabalho "Uma Experiência Didática sobre Viscosidade e Densidade", Vaz et al (2012) traz uma proposta de experimento que mesmo fazendo uso de materiais relativamente

simples, é o que mais se aproxima do que traz Giordan (1999) em relação ao caráter investigativo próprio do fazer científico, mas mesmo que este traga algumas ideias condizentes com a proposta de ensino por investigação, como a importância da participação ativa dos alunos na execução do experimento, ainda há ausência de algumas características importantes apontadas por Carvalho (2013), que podem ser listadas:

- Um problema condizente com a realidade dos alunos tendo aspectos do cotidiano e contextualizados que façam os estudantes se interessarem para responder tal questão;
- Ter uma forma acessível de buscar a resposta ao problema, que no caso da experimentação investigativa seria a execução das etapas experimentais;
- Discussão dos resultados em conjunto com o professor;
- Sistematização do conhecimento por meio da escrita.

3.2 CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

A experimentação investigativa pouco acrescenta ou importa quando usada de forma desconexa, sem um contexto estabelecido que faça com que além de imergir o participante na prática, o faça construir entendimento do assunto e o torne capaz de "desenvolver atitudes e valores que propiciem a discussão das questões ambientais, econômicas, éticas e sociais" (WARTHA; ALÁRIO, 2005, p.43), fugindo à lógica de ensino fragmentado desconexo à realidade ao qual é praticado há tanto tempo.

Quando se fala em contextualização no ensino de Ciências/Química, muitas vezes não se entra no consenso do que seja e como se dá o seu desenvolvimento, levando o termo a adquirir várias definições, como mostra Santos e Mortimer (1999, apud WARTHA; SILVA; BEJARANO, 2013) em pesquisa com um grupo de professores sobre as concepções que eles tinham do termo contextualização. Foram divididos por eles em três tipos de concepções: "i) contextualização como estratégia para facilitar a aprendizagem; ii) como descrição científica de fatos e processos do cotidiano do aluno; e iii) como desenvolvimento de atitudes e valores para a formação de um cidadão crítico". Essa dissonância de ideias quanto ao papel da contextualização acaba por denotar uma certa inconsistência quanto à elaboração e aplicação de atividades com esse enfoque.

Na experimentação, o uso do termo contextualização varia de autor para autor da mesma forma que em outras atividades que buscam esse caminho. Silva et al (2009) e Costa e Martins (2017), em pesquisa que fizeram sobre concepções do termo contextualização apresentados em artigos publicados na seção Experimentação no Ensino de Química da Revista Química Nova

na Escola, sistematizaram uma relação de porcentagens das concepções encontradas, a partir de análises dos experimentos apresentados. Comparando os resultados apresentados nos dois artigos, é visível que houve um significativo avanço ao longo do tempo referente ao uso do termo.

Silva et al (2009) traz a seguinte distribuição percentual de artigos referentes às diferentes concepções do uso do termo contextualização: 50% dos artigos (15 artigos) tratam da contextualização como exemplificação de fatos do cotidiano; 23,3% dos artigos (7 artigos) apresentam a contextualização como estratégia de ensino aprendizagem e somente 26,7% dos artigos (8 artigos) tratam da contextualização como desenvolvimento de atitudes e valores para a formação do cidadão crítico. Já em Costa e Martins (2017), os resultados são os seguintes: 27,3% (3 artigos) apresentaram a ideia de contextualização como exemplificação de fatos do cotidiano; 18,2% dos artigos (2 artigos) apresentaram a concepção de contextualização como estratégia de ensino para facilitar a aprendizagem e 54,5% (6 artigos) utilizam a contextualização como meio de desenvolvimento de atitudes e valores para a formação do cidadão crítico. Comparando esses resultados é notável a evolução do termo se aproximando da ideia mais ampla de contextualização.

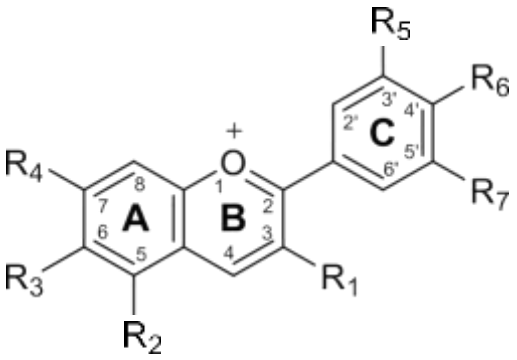
3.3 QUÍMICA DAS ANTOCIANINAS

As antocianinas compõem a mais extensa classe de pigmentos solúveis em água do reino vegetal (BRIDLE; TIMBERLAKE, 1997). Segundo Harborne e Grayer (1988 apud, LOPES et al., 2007), é o segundo grupo de pigmentos com maior importância no reino vegetal, ficando atrás apenas da clorofila que é responsável pelo processo de fotossíntese das plantas. Por estar presente majoritariamente nas flores e frutos, essa classe de compostos acaba sendo associada unicamente a papeis na reprodução das plantas. Porém, esses compostos não se restringem apenas a torná-las atraentes aos organismos que as auxiliam no processo de reprodução, as antocianinas desempenham outros papeis de grande importância para as plantas como a ação antioxidante (LOPES et al; 2007) e o bloqueio de radiações do tipo UV que podem causar queimaduras em partes da planta responsáveis pela fotossíntese (HARBONE; WILLIAMS, 2000).

A estrutura básica das antocianinas é composta por um esqueleto policíclico de carbono composto por 15 carbonos (LÓPEZ; JIMÉNEZ; VARGAS, 2000). Uma antocianina diferencia-se de outra pelos diferentes grupos R (figura 1) ligados à cadeia principal, que variam de uma para a outra. Estes grupos ligados variam de açúcares em sua maioria, para também outros

grupos orgânicos como por exemplo grupos acila.

Figura 1 – Representação da estrutura policíclica de carbono que origina as antocianinas.

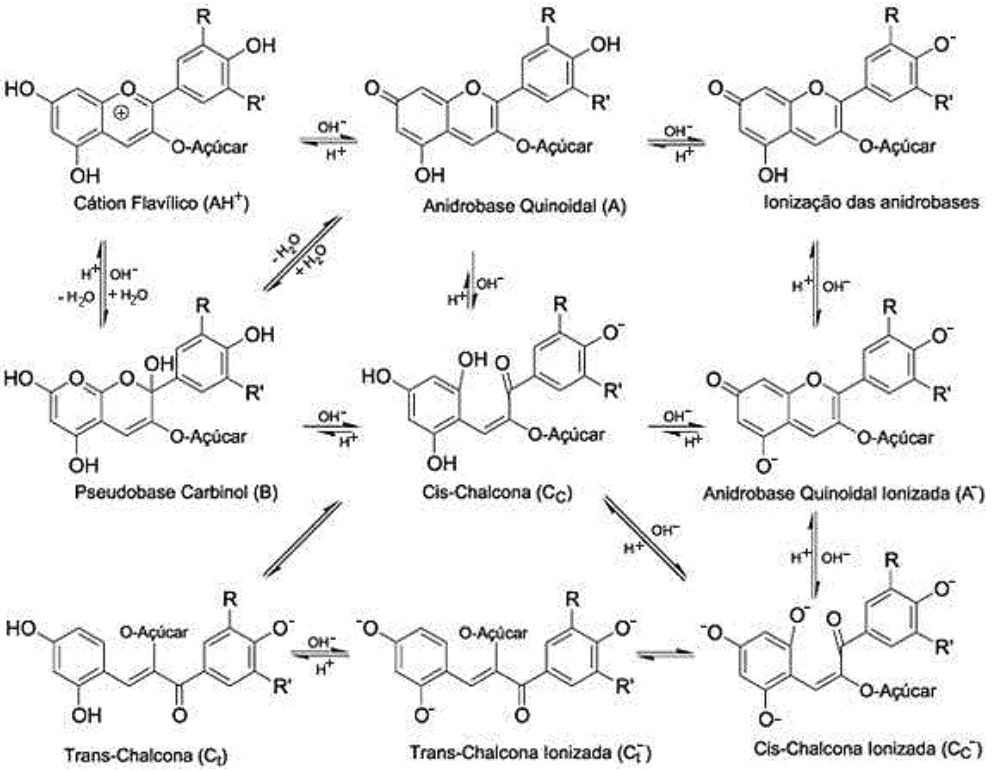


FONTE: López, Jiménez e Vargas (2000).

"A estabilidade da cor de antocianinas é dependente da estrutura e da concentração dos pigmentos, além de fatores como o pH, a temperatura e a presença de oxigênio" (LOPES et al; 2007, p.294). Estes fatores tornam estes compostos vulneráveis quando fora da estrutura celular da qual faziam parte.

Em meio ácido, as antocianinas se apresentam na forma do cátion flavílico, que apresenta maior resistência à degradação pelo aumento de temperatura e incidência de luz (LOPES et al; 2007). Com o aumento do pH, além da mudança estrutural que faz com que a coloração observada mude (MARÇO; POPPI; SCARMINIO, 2008) (figura 2), há também a diminuição da estabilidade frente a altas temperaturas, presença de luz e oxigênio, fazendo com que ela se degrade mais rapidamente.

Figura 2 – Representação das possíveis mudanças de estrutura das antocianinas com a mudança de pH.



FONTE: Março, Poppi e Scarminio (2008).

3.3.1 O uso de antocianinas no ensino de Química

Por causa de sua característica marcante de mudar de cor conforme interage com meios de diferentes valores de pH, os extratos vegetais que apresentam altas concentrações de antocianinas tornam-se materiais de alto potencial pedagógico, podendo ser usados em aulas experimentais. Diversos trabalhos publicados exemplificam essa possibilidade, como trazido em Moraes (2014).

Couto, Ramos e Cavalheiro (1998) demonstraram experimentalmente o potencial de flores vermelhas presentes no Brasil de servirem como recurso didático, podendo ser usadas como indicadores naturais em titulações ácido-base para o ensino básico, assim como material no ensino de conceitos sobre absorção de radiação por uma substância, além de conceitos relacionados a Lei de Lambert-Beer. Essas possibilidades foram testadas por eles tendo um grau de aproveitamento bem satisfatório quanto ao possível uso como material didático que não necessita um grau de precisão tão grande para se fazer útil no ensino de conceitos.

Soares, Cavalheiro e Antunes (2001) utilizaram os pigmentos extraídos do feijão preto, flores de quaresmeira e azaleia como indicadores em titulações de diferentes tipos de vinagre em prática experimental do curso de graduação em Química. Os autores justificam o uso desses

materiais por eles, além das características químicas necessárias (por conter antocianinas), pelo apelo afetivo, por serem materiais presentes no cotidiano dos participantes. Com a aplicação os autores obtiveram resultados satisfatórios por se aproximarem do resultado obtido com o indicador comercial fenolftaleína, além do maior interesse dos alunos pela prática, por ter sido usado materiais que estão presentes no cotidiano dos participantes.

Cortes, Ramos e Cavalheiro (2007) trazem o uso das flores de azaleia e da quaresmeira como indicadores ácido-base em titulação espectrofotométrica, demonstrado que é possível o uso de extratos contendo antocianinas para esta finalidade, sendo destacado por eles o potencial didático da prática apresentada. Para medições quantitativas os resultados apresentados possuem um pequeno erro o que restringe ao uso como ferramenta didática.

Dias, Guimarães e Merçon (2003) mostraram uma experimentação para o ensino médio com extratos de diferentes vegetais muito presentes na culinária como a beterraba, cenoura, pimentão verde e vermelho. Com isso discute vários assuntos como a relação da estrutura química dos compostos com as cores apresentadas, conceitos de polaridade das substâncias e a mudança de cor de certos extratos em diferentes valores de pH.

Tendo em vista estes trabalhos, fica claro que o uso dos extratos contendo pigmentos das plantas não se restringe somente ao uso como indicador natural de pH, mais também para o ensino de diversos outros conceitos. Cabe então ao professor exercitar a criatividade no momento de elaborar atividades com estes materiais.

3.4 FÍSICO QUÍMICA DE DEGRADAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS

Para uma reação acontecer, precisamos certamente de reagentes e que uma quantidade de energia associada seja ela liberada ou adicionada. Em uma reação espontânea temos que a variação da energia de Gibbs ($\Delta G°$) é negativa, sendo obtida pela equação $\Delta G° = \Delta H° - T\Delta S°$, onde $\Delta H°$ = variação de entalpia da reação; T = temperatura; $\Delta S°$ = variação de entropia) (BAADER, 2011). Essa equação explica o fato de reações de a degradação de certos compostos acontecerem espontaneamente, mas não explica como e com que velocidade essas reações se processam. Esse conflito se dá, pois ambas as características fazem parte de áreas distintas da físico-química, sendo a espontaneidade parte do estudo termodinâmico da reação, enquanto a velocidade parte do estudo cinético. Para sabermos a velocidade com que uma reação se processa necessitamos de alguns cálculos sobre dados obtidos experimentalmente, como as concentrações dos reagentes ou dos produtos em determinado intervalo de tempo (AGUIAR, 2018).

As vezes não se conhece as concentrações iniciais de dados componentes da reação, o que faz com que se busque formas de quantificar essas concentrações. Para isso escolhe-se métodos de análises ligadas a características físico-químicas marcantes da amostra. As antocianinas e outros compostos orgânicos que interagem com regiões do espectro eletromagnético podem ser quantificados pela espectrofotometria ultravioleta-visível (UV-Vis) através da lei de Lambert-Beer (LEE et al, 2015), por exemplo.

Para o cálculo da velocidade com que um reagente A é consumido temos a seguinte expressão:

$$v = -\frac{d[A]}{dt} = k[A]^n \qquad (1)$$

onde v é a velocidade com que A é consumido, $d[A]$ é a variação da concentração do reagente A e dt é a variação do tempo. Dependendo dos dados que se tenham em mãos pode-se calcular também pela outra expressão onde k é a constante de velocidade, $[A]$ é a concentração do reagente e n é a ordem de reação (LIMA, [201-?]).

A ordem de reação é determinada de forma experimental analisando como a velocidade da reação se comporta quando se modifica a concentração dos reagentes. Em reações de ordem zero a velocidade de reação independe da concentração dos reagentes se mantendo igual a constante de velocidade ($v = k$). Reações de ordem 1 dependem somente da concentração de um reagente, sendo a velocidade igual a constante de velocidade vezes a concentração ($v = k[A]$) e para reação de segunda ordem a velocidade varia com o quadrado da concentração ($v = k[A]^2$) (LIMA, [201-?]). Além destas que são mais comuns, existem reações que obedecem a outras ordens, sendo algumas de valores negativos ou fracionários.

Para as antocianinas, como os trabalhos de Ozela et al (2007, apud LEE et al, 2015) e Yang et al (2008, apud LEE et al, 2015) trazem, a reação de degradação geralmente segue uma cinética de reação de primeira ordem, assim para determinar a velocidade ou o tempo com que certa concentração desconhecida desses compostos são reduzidos à metade, pode ser determinado a partir de cálculos usando dados espectroscópicos por meio das equações (2) e (3); onde na equação (2), A_0 é o pico de absorbância inicial, A é o pico de absorbância depois de um determinado tempo, k é a taxa de reação e t é o tempo entre as leituras de A_0 e A e na equação (3), $t_{1/2}$ significa o tempo necessário para a concentração de determinada espécie ser reduzida à metade.

$$\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -kt \qquad (2)$$

$$t_{1/2} = \frac{0{,}693}{k} \qquad (3)$$

4 METODOLOGIA

4.1 TIPO DE PESQUISA E PÚBLICO-ALVO

A pesquisa se deu pela elaboração e aplicação teste de uma sequência de ensino por investigação voltada à experimentação, caracterizando-se como um experimento investigativo.

Para atender aos objetivos do projeto, a pesquisa foi do tipo qualitativa, em que se buscou avaliar a participação dos voluntários, assim como os possíveis aprendizados construídos a partir da vivência da sequência; com foco no entendimento do assunto de cinética química relacionada à degradação de compostos orgânicos.

A pesquisa foi aplicada com 3 discentes do curso de Química-Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, Campus do Agreste. Os critérios de admissão à pesquisa foram: ter cursado as disciplinas Química orgânica II e Físico-química I. Os participantes trabalharam em grupo nos momentos de discussão e de forma individual no momento da coleta de dados por meio dos experimentos.

4.2 DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO

A sequência de ensino por investigação voltada a experimentação, foi desenvolvida com base nas proposições de Carvalho (2013) quanto aos elementos e em Carvalho (2018) quanto aos graus de liberdade, tendo em vista alcançar um grau de liberdade pelo menos igual a três, onde se tem um protagonismo dos participantes, mas ainda há contribuições significativas por parte do aplicador.

A sequência teve tempo de aplicação de 6 horas presenciais, sendo diluído em três dias, e ocorreram nos dias: 01/11/2019 (sexta-feira), 04/11/2019 (segunda-feira) e 05/11/2019 (terça-feira).

No primeiro dia, os participantes foram ambientados com o trabalho a ser desenvolvido, lendo-se um texto de própria autoria (Apêndice A). O texto continha o problema inicial, elaborado visando despertar o interesse dos participantes na temática de corantes alimentícios, como esses são escolhidos para serem componentes nos alimentos e se estes poderiam ser constituídos de pigmentos naturais, como o extrato do fruto da palma de espinhos, Opuntia dillenii (figura 3). Além desse objetivo, o texto inicial visava orientar o início da discussão acerca dos procedimentos a serem realizados para responder as questões principais, que nesse

caso eram: o extrato do fruto da palma de espinhos (*Opuntia dillenii*), planta muito usada no Nordeste para a construção de cercas vivas, poderia ser usado como substituinte a esses pigmentos? (referente aos corantes alimentícios) Esse extrato seria estável (temperatura, luz) para conferir as características necessárias para tal aplicação?

Figura 3 – Imagem da Opuntia dillenii

FONTE: https://pt.wikipedia.org/wiki/Opuntia_dillenii

Em conjunto com o texto inicial intitulado Problemática (Apêndice A), também foram usados mais dois artigos que tratam de estudos realizados com antocianinas, sendo um em português de título "Antocianinas: uma Breve Revisão das Características Estruturais e da Estabilidade" (LOPES et al 2007). E outro, em inglês, de Lee et al (2015) com o título "*Thermal and UV degradation of roselle anthocyanin extract and its mixtures with poly(vinyl alcohol) in different acid*." Estes textos serviram como ponto de partida para a elaboração de hipóteses de como resolver as questões propostas, já que eles tratam tanto da química das antocianinas quanto de como essas se comportam em diferentes situações.

Com esses elementos foi possível dar início à discussão de forma que ela progredisse para a elaboração de ideias e hipóteses, por parte dos participantes em conjunto com o aplicador, sobre as possíveis aplicações do extrato e de como essas poderiam ser testadas por meio de experimentos simples, que viriam a ser realizados nos encontros seguintes.

Após debatidas as possibilidades e impasses provenientes do uso do fruto, coube no segundo dia a realização da primeira fase prática, a da extração e observação das características

físico-químicas do extrato, como a cor e o máximo de absorção observado em espectrofotômetro UV/Vis. Além da familiarização com o equipamento.

No terceiro dia, tendo determinado os parâmetros de teste nos dias anteriores (alimento referência e situações às quais eles seriam submetidos), os participantes fizeram testes submetendo o extrato obtido anteriormente às condições do produto referência, além de submeter as amostras a situações de aumento de temperatura e exposição à radiação UV-C, para assim determinar se o extrato da fruta de palma naquelas condições é viável como corante para aquele determinado alimento.

Todas as etapas da aplicação se deram pela construção dialogada do aplicador com os participantes, observando os critérios de Carvalho (2018) quanto à liberdade de ação dos participantes, para que assim eles, com o tempo pré-determinado, pudessem exprimir suas ideias e colaborassem com a elaboração e realização da sequência de ações que favorecessem a obtenção de dados necessários a resolução dos problemas apresentados inicialmente.

4.3 COLETA E DISCUSSÃO DOS DADOS

A coleta de dados da pesquisa foi feita em duas etapas. A primeira, antes da realização do experimento, se deu a partir da aplicação de um questionário composto de questões mistas sobre vivências relacionadas à experimentação no curso e conceitos de cinética química (Apêndice B). A segunda etapa se deu pela observação ativa das interações apresentadas pelos participantes durante a prática estando o aplicador ocupando o papel de mediador nas discussões emergentes da aplicação, além dessa observação ativa foi feita gravação consentida de áudio de todas as discussões apresentadas durante a aplicação da pesquisa.

A discussão dos dados se deu pela comparação das situações vivenciadas com as ideias de Carvalho (2013) e Carvalho (2018) quanto aos elementos e aos graus de liberdade presentes em uma sequência de ensino por investigação, verificando assim se a atividade realizada se encaixa como uma proposta de experimentação investigativa. E para avaliar se houve aprendizagem dos conceitos citados nos objetivos (conceitos físico-químicos associados à degradação de compostos orgânicos), foi feita a comparação dos dados obtidos através das discussões, com as respostas dadas no questionário inicial e informações presentes na literatura a cerca desses conceitos. Além disso foi analisado o caminho percorrido para se chegar a tais ideias, embasando-se nas proposições de Piaget (2009) sobre como se dá a construção da aprendizagem, verificando-se se houve a manifestação de processos cognitivos, como a assimilação, adaptação, equilibração e reequilibração; durante a vivência da atividade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 UMA BREVE ANÁLISE DAS RESPOSTAS DADAS AO QUESTIONÁRIO INICIAL

De início com as respostas dadas pelos participantes ao questionário inicial, pudemos analisar algumas concepções dos participantes da pesquisa sobre aspectos relacionados à deterioração de alimentos, que podem na maioria dos casos estar diretamente relacionados à degradação de compostos orgânicos presentes nesses. Mas antes de analisarmos essas ideias, devemos conhecer nossos participantes. Para a nossa pesquisa, o que precisamos saber sobre eles é que todos os três no momento da aplicação da pesquisa estavam no 9° período do curso de Química – Licenciatura da UFPE, Campus do Agreste e todos tinham cursado as disciplinas de Físico-química e Orgânica, assim como as disciplinas de laboratório relacionadas. Para efeitos práticos, nos dirigiremos aos participantes e aplicador por códigos, sendo P1 = Participante 1, P2 = Participante 2 e P3 = Participante 3, e para o aplicador usaremos o código "AP".

O questionário inicial contava com três questões abertas que buscava ver se havia alguma relação entre o tempo que estavam afastados das disciplinas correlatas ao assunto de decomposição de compostos orgânicos com o desempenho deles nas atividades que se seguem. Por isso a primeira pergunta era: "*Quanto tempo (semestres) faz que pagou as disciplinas de Físico-química e Química Orgânica ou cadeiras relacionadas?*" Para essa questão as respostas variaram, já que mesmo os participantes sendo todos do 9° período do curso, eles não tinham pagado as disciplinas ao mesmo tempo. Sendo assim, temos que P1 e P2 cursaram as disciplinas de Laboratório de Química Orgânica e de Físico-Química, ambos no mesmo tempo, sendo Laboratório de Físico-Química cursado no período vigente à aplicação da pesquisa, e Laboratório de Química Orgânica no semestre anterior. Para P3 temos um tempo de intervalo maior, tendo cursado a disciplina de Laboratório de Físico-Química no período anterior e Laboratório de Química Orgânica dois semestres antes.

Com essas informações é de se esperar (mesmo que erroneamente por conta das particularidades de cada participante) que os que tiveram contato com as disciplinas citadas há menos tempo, teriam mais facilidade em tecer respostas condizentes com as áreas de estudo compreendidas por essas disciplinas já que o conhecimento deveria estar mais vívido na memória. Mesmo tendo essa predisposição, vamos no ater às respostas apresentadas por eles às perguntas seguintes.

Na segunda questão temos a seguinte pergunta: "*Que conceitos químicos você pode ligar ao processo de deterioração dos alimentos e de que forma eles podem ser estudados?*" As respostas para a primeira parte dessa questão variaram conforme o tempo que cursaram as disciplinas citadas na questão anterior, tendo os dois participantes que cursaram há menos tempo encontrado mais assuntos relacionados. Como, por exemplo, o estudante P1 que traz uma tabela com os nomes dos assuntos que acha estarem relacionados ao fenômeno descrito. Nessa tabela, ela traz sete conceitos, sendo eles "cinética, reação química, composição da matéria, termoquímica, oxidorredução, funções ácido e base e decomposição". Os outros dois participantes relacionaram desde o processo de produção dos alimentos, como o processo de maturação dos frutos apresentados por P2 e o processo de fermentação na produção de pães e queijos, funções químicas relacionadas ao processo de maturação dos frutos, assim como a outros tipos de obtenção de alimentos na resposta de P3. Além disso, esses dois participantes trazem também a relação desses processos assim como o da deterioração dos alimentos com o assunto de cinética química.

Agora, sobre a forma como esses conceitos podem ser estudados, todos os participantes entenderam a pergunta como sendo como esses conceitos poderiam ser ensinados nas aulas de Química por meio do uso dessa temática. Essas respostas podem ter sido elaboradas levando-se em conta que as atividades a serem desenvolvidas estariam ligadas a uma pesquisa na área de ensino, o que pode ser exemplificado em um trecho da fala de P1:

> [...] teria que ser entendido de que era formado o alimento depois investiga quais os fatores que influenciarão a decomposição que reagia com o produto e comentaria a rapidez que demoraria para a decomposição.

Esse trecho em específico, que fala de investigação, fortalece essa ideia, já que se apropria da temática do trabalho que eles conheciam antes da aplicação. Assim, os participantes desconsideram a possibilidade de o pesquisador querer saber de que forma eles pesquisariam tais conceitos citados, de forma científica, sem que houvesse uma preocupação com o ensino de tais conceitos. Essas respostas podem mostrar, por um lado, de forma positiva, uma preocupação dos participantes em buscar sempre, a partir de situações vivenciadas, fazer ligações com o ensino. Isso pode tornar mais fácil a utilização de metodologias que façam uso da contextualização de uma forma mais ampla como o que é abordado por Wartha e Alário (2005). Por um ponto de vista negativo, faz com que os professores em formação estejam com uma visão distorcida de que eles, como futuros professores, devem se ater somente aos conhecimentos já solidificados sem que possam fazer contribuições acerca de conhecimentos

em elaboração.

Na terceira e última questão, a pergunta "*Como você acha que se dá o processo de cálculo da validade dos alimentos?*" buscava, além de conhecer as concepções dos participantes em relação a tal questão, levantar a dúvida sobre o que eles acreditavam ser feito para quantificar o tempo no qual os alimentos estão próprios ao consumo.

Aqui, diferente das outras questões, as respostas variaram bastante de participante para participante. P1 comenta da ideia de tentativa e erro, que não ficou muito claro quais seriam os critérios usados nesse teste (se seriam aspectos visuais dos produtos ou mudança de alguma outra característica). Já P2, mesmo afirmando nunca ter parado para pensar sobre, foi o que trouxe uma ideia mais consistente, trazendo a possibilidade do uso das leis de velocidade aplicadas a situações experimentais distintas, como pode ser visto no trecho:

> [...] Alimentos fechados quando abertos há um limite/prazo P/ ser consumido, então visualmente/macroscopicamente quando exposto aos efeitos como ar, superfície de contato se deterioram e pelo cálculo sabemos que não está vencido.

Mesmo que um pouco confusa e não levando em conta o prazo de validade após o produto ser aberto, essa fala é a que mais se aproxima do estudo cinético realizado no processo de determinação das validades dos alimentos. P3, mesmo que de forma menos explicita como trazido por P2, traz uma ideia que remete ao estudo cinético trazendo a relação do tempo necessário para a deterioração dos alimentos, porém ele não explica de que forma isso pode ser testado. As perguntas desse questionário, além de coletar informações iniciais sobre as ideias tidas pelos participantes em relação aos conteúdos relacionados à deterioração dos alimentos, assim como esse processo poderia ser quantificado na determinação da validade de tais produtos, já constitui um meio, mesmo que tênue, de fazer os participantes desequilibrarem um estado de equilíbrio que possivelmente esteja consolidado acerca de tais conceitos, como proposto por Piaget (2009).

5.2 VIVÊNCIA DA SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COM FOCO NA EXPERIMENTAÇÃO

Para potencializar possíveis efeitos causados pelo questionário e nortear as atividades que se seguem, foi entregue o texto Problemática (Apêndice A) junto com os textos de Lopes et al (2007) e Lee et al (2015) e um fruto da palma de espinhos, para que os participantes pudessem visualizar melhor o objeto de estudo deles. Com o texto e o fruto em mãos, os participantes

levantaram várias questões que poderiam ser trabalhadas, como a toxicidade, gosto particular do fruto que poderia influenciar no do alimento e a composição química dos pigmentos presentes no fruto. Sobre esse último questionamento, que é o que se liga melhor à questão principal apresentada na problemática, a de verificar se o extrato do fruto em questão possui resistência suficiente para ser usado como corante alimentício em alimentos diversos, os participantes levantaram hipóteses em relação a qual classe o pigmento presente pertencia. P2 e P3 listaram alguns carotenoides e suas colorações a fim de relacionar a coloração do fruto com algum carotenoide que eles conheciam:

> P2: "[...] os carotenos..."
> P3: "sim... betacaroteno é amarelo..."
> P2: "zeta caroteno é verde e o vermelho é..."
> P3: "licopeno..."

Com essas considerações e posteriores questionamentos por parte do aplicador sobre a cor apresentada pelo fruto, P2 conseguiu ligar as semelhanças da cor do fruto com a cor apresentada no repolho roxo, questionando se o fruto apresentaria tais características de mudança de cor em diferentes valores de pH, faltando somente lembrar do nome da classe de compostos que apresentam tais propriedades. Essa procura por respostas já consolidadas para um novo problema, pode fazer parte do processo de adaptação, que por meio das informações já disponíveis busca tecer respostas que satisfaçam uma nova situação, como proposto por Piaget (2009). Após ter pegado o trabalho de Lopes et al (2007) para ler, P2 logo relacionou o nome dos compostos discutidos com os tratados no texto, que seriam as antocianinas.

Com os participantes tendo lido o texto de Lopes et al (2007), passou-se a discutir como seria realizado o experimento que determinasse se aquele pigmento seria utilizável como corante alimentício e quais alimentos seriam usados como referência da investigação. Como no texto o autor traz vários fatores que influenciam na estabilidade das antocianinas, os participantes levantaram várias questões que indicaram um desnorteamento de como o trabalho deveria ser realizado. Se seriam aplicados todos os processos trabalhados no texto ou seriam reproduzidas partes específicas que contemplassem o problema inicial. Isto foi destacado na fala de P2:

> P2: […] aqui tem onze passos…
> AP: hum?
> P2: existem onze passos aqui. (referindo-se ao texto de Lopes et al (2007)
> AP: onze passos?
> P2: é porque tem o efeito do pH para a estabilidade da cor, a luz, a temperatura…

Vendo essa dispersão, o aplicador teve que intervir para nortear o caminho a ser seguido visando atingir os objetivos da atividade que estão postos no texto problemática. Essa falta de objetividade dos participantes pode ser tida como natural no momento que eles não possuem familiaridade com a metodologia de ensino por investigação, como traz Carvalho (2018). Faz-se necessária uma intervenção mais acentuada do aplicador, mas sempre fazendo com que os participantes sejam aqueles que apresentam as demandas, o que pode fazer com que a atividade atinja um grau de liberdade no mínimo igual a 3, como tratado pelo autor. Essas intervenções podem se dar em momentos que haja dúvidas de qual caminho seguir ou questionamentos periféricos, que mesmo ligados a problemática principal, não venham a agregar na construção da prática a ser desenvolvida.

Seguindo, os participantes pareceram ter compreendido o básico do que deveria ser realizado e demonstravam um possível interesse pela temática. Desse modo, decidiram os materiais de seu estudo, tendo P1 resolvido trabalhar com o possível uso do extrato do fruto como corante de refrigerantes, P2 decidiu pelo uso do glacê que é usado como cobertura de bolo e P3 pelo iogurte. Tendo decidido os produtos de estudo de cada um, acordou-se que no encontro seguinte o extrato seria preparado e seriam realizados alguns testes no espectrofotômetro UV-Vis para a determinação do comprimento de onda de máxima absorção do pigmento presente no fruto.

Para a execução do experimento, foi pedido que os participantes estudassem os produtos escolhidos e lessem o texto de Lee et al (2015) para assim elaborarem um plano de execução do experimento ou roteiro. Assim, por exemplo, P3 estudou como era feita a fabricação dos iogurtes para que o extrato fosse submetido aos mesmos processos, como dá a entender na fala dele:

> […] pro iogurte a gente faz lá o iogurte, pega aquece ele a 80 ºC mais ou menos para matar algumas impurezas, aí depois disso a gente resfria que é para evitar a fermentação e a partir daí é que a gente vai fazer o iogurte, assim tipo os sabores coisa e tal. Então se o corante aguentar 80ºC por 10 minutos […]

Além de apresentar suas ideias de como seria realizado o experimento, tendo em vista os produtos usados por cada um, no segundo dia foi preparado o extrato do fruto da palma de espinhos (figuras 4 e 5).

Figura 4– Imagem do preparo do extrato pela maceração dos frutos em água.

FONTE: Autor (2019)

Figura 5 – Imagem da filtração do extrato.

FONTE: Autor (2019)

Após o preparo do extrato, foram feitos alguns testes no espectrofotômetro de UV-Vis com base nas informações que os participantes coletaram sobre os produtos, base de suas investigações. Em certo momento, quando um participante colocou a amostra para ser lida pelo

espectrofotômetro, o pico de absorbância do aparelho é ultrapassado causando o fenômeno chamado de “estouro” do sinal (figura 6). Após algumas discussões os participantes conseguiram chegar à conclusão de que aquele efeito se deu por conta da alta concentração de antocianinas presentes na amostra, como pode ser visto no trecho:

> AP: […] o que foi que aconteceu aqui para estourar o sinal?… vocês três… pode ser em conjunto…
> P1: a absorbância foi demais…
> AP: e a absorbância está ligada a?
> P2: ao corante…
> P1: ao corante…
> P2: uma concentração muito grande de corante…
> P1 então eu tenho que colocar uma quantidade menor de corante?
> P2: é!

Figura 6 – Imagem do gráfico de absorbância de uma amostra com uma concentração alta de extrato.

FONTE: Autor (2019)

No terceiro dia, de início, com a necessidade de ver os picos de absorbância de cada amostra estudada, surgiu por parte de P1 a relação entre os conceitos de absorbância e transmitância, sendo usada por P1 para averiguar se os valores de absorbância dados pelo espectrofotômetro se relacionavam a partir dos cálculos de transformação de um valor em outro. Além disso, quando P2 questionou sobre o que aconteceria caso se aumentasse o valor do comprimento de onda no espectrofotômetro, P1 deu uma resposta bastante consistente, como pode ser visto no trecho da gravação:

> […] vai depender, porque se for um comprimento de onda maior… dependendo do comprimento de onda vai… porque não tem o máximo, o pico máximo onde ela vai absorver mais, o comprimento de onda que ela vai absorver mais, aí… se você tem um pico aí vamos dizer de 540 seu pico maior, aí quando for abaixo de 540 ela vai estar subindo, ainda subindo para chegar naquele valor que você encontrou e depois de 540 ela vai descer, vai ser resultados menores[…].

Essa resposta condiz com o observado nos gráficos de absorbância obtidos através do espectrofotômetro, após isso todas as medidas foram efetuadas com base nessa explicação.

Tendo P3 colocado uma amostra contendo iogurte com corante diluído em água para aquecer em banho maria a 60 ºC por 10 minutos, ele observou que houve alteração na coloração apresentada inicialmente, enquanto em uma amostra preparada da mesma forma colocada na geladeira pelo mesmo tempo não teve mudanças significativas. Nesse ponto da discussão, ele chegou a afirmar que dependendo do tipo de uso dado ao corante, se ele não fosse submetido a temperaturas muito altas como feito por ele, o extrato do fruto poderia ser usado como corante no iogurte.

Mesmo que com essas observações superficiais, sem uma análise mais aprofundada, leva a crer pela teoria de Piaget que aqui ele tende a estabelecer um novo estado de equilíbrio sendo o problema inicial respondido por essas ideias o que o autor denotaria como sendo um fenômeno que faz parte do processo de reequilibração. Essa resposta prematura à pergunta inicial pode indicar algumas coisas, como por exemplo: o problema construído não foi acolhido pelo participante, ocasionando uma falta de interesse por parte dele em buscar uma resposta mais elaborada para aquele questionamento. Ou que os objetivos do problema não estavam claros o bastante para se fazer entender o que se queria que fosse respondido, fazendo com que o participante tivesse uma conclusão prematura. Essas suposições podem indicar uma possível falha na proposição e aplicação da sequência, mas além dessa possível falha pode ter havido também outros fatores de natureza interna do participante, como a falta de experiência com atividades que demandassem mais tempo para se concluir. Com isso, pode haver uma maior predisposição a querer terminar as atividades rapidamente, sem uma reflexão mais aprofundada, no caso aqui, sem a efetuação dos devidos cálculos com base nos valores experimentais (que ele nem chegou a obter).

Tendo P3 dado sua resposta ao problema de forma que ela não atendia ao objetivo, o aplicador o questionou se com aquelas informações que ele tinha dado seria possível definir o prazo de validade do corante, assim como do alimento testado, no caso o iogurte. Como ele não sabia, indagou aos outros participantes que afirmaram ter como fazer o cálculo pelas fórmulas (2) e (3) descritas no texto de Lee et al (2015), que aparentemente P3 não havia lido ou entendido por ser em inglês.

$$\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -kt \qquad (2)$$

$$t_{1/2} = \frac{0{,}693}{k} \qquad (3)$$

No mesmo tempo em que P3 deu sua resposta à questão, os participantes P1 e P2 seguiram com as coletas de dados, expondo suas amostras à ação da temperatura e da radiação UV-C. Chegando o momento da leitura pós exposição, P2 descobre que sua amostra era insuficiente para preencher uma cubeta para aferir o máximo de absorção, e teve que preparar uma quantidade maior de sua amostra para os testes (figura 7).

Figura 7 – Imagem das amostras preparadas pelo participante 2

FONTE: Autor (2019)

Enquanto isso, P1 já possuía os dados e procurava uma forma de aplicá-los na fórmula discutida anteriormente. Antes mesmo da aplicação dos dados na fórmula, P1 quando questionado, já faz algumas afirmações sobre os dados obtidos, como pode ser visto no trecho:

> AP: […] por que ficou mais claro?
>
> P1: porque foi no fogo aí mudou a estrutura dele… aí ele ficou mais clarinho, ou seja, a cor mudou, ou seja, ele não pode ir pra fogo… que a cor vai se degradar…

Aqui P1 já traz uma influência da temperatura na degradação dos compostos que dão a cor ao extrato. Nesse momento, P2 e P3 estavam refazendo as análises, um por conta de amostra insuficiente e o outro por ter pulado algumas etapas na primeira tentativa. Com as amostras de P3, percebeu-se que ao se misturar o extrato do fruto com o iogurte e colocado sob aquecimento ou luz UV-C, alguns componentes do iogurte sofreram desnaturação, impossibilitando a passagem de luz pelo meio, inviabilizando a análise espectrofotométrica. Esse fato foi discutido pelo aplicador em conjunto com os participantes, sendo em maior parte discutido por eles, com a impossibilidade da medida da absorbância. P3 chegou à conclusão que para se fazer um estudo que contemplasse as características do iogurte, era necessário um meio simulado, pelo menos

na questão de pH, como teria sido feito no dia anterior quando foi realizada a aferição do comprimento de onda do extrato do fruto, nas condições dos produtos testados.

Como não havia mais tempo hábil para a execução de um novo experimento, P3 ajudou P1 nos cálculos para determinação do tempo de meia vida do extrato aplicado como corante no refrigerante. Enquanto eles faziam os cálculos, P2 fez as últimas leituras e descobriu que os valores de absorções haviam aumentado, ao invés de diminuir, como seria esperado com a exposição ao aumento da temperatura e à radiação UV-C. Assim como no caso do iogurte de P3, aqui é provável que algum componente do glacê tenha desnaturado dando um aspecto turvo a mistura, e interferindo na leitura do corante, já que o glacê é composto basicamente de claras de ovos e açúcar como discutido no trecho:

> AP: […] quando você aqueceu aconteceu o que com ele?
> P2: começou a mudar a coloração.
> AP: um ovo quando a gente aquece…
> P2: ele desnatura […] tudo bem até aí…, mas só que esse… o da temperatura ele não pode ser aquecido, nem o chantili nem o glacê que vai desnaturar quando vai para a temperatura, mas quando eu vou para o UV a coloração dele também ia mudar...

Sobre o cálculo do tempo de meia vida do extrato misturado ao refrigerante sob a influência da radiação UV-C, P1 obteve o tempo de meia vida igual a aproximadamente 1,5 anos ($t_{½} \sim 1{,}5$ anos), que segundo o participante é tempo suficiente para o uso do extrato naquele produto.

Após os sucessíveis erros nos experimentos de P2 e P3, foi possível observar um desânimo dos participantes em não conseguir cumprir com o objetivo de calcular o tempo necessário para a degradação do extrato naquelas condições. Apesar disso eles apresentaram algumas contribuições importantes decorrentes dos experimentos. O fato de não se poder aquecer o glacê que o ovo presente irá desnaturar. A presença de substâncias ou misturas que não deixem a luz passar pela cubeta do equipamento, não podem ser lidas no espectrofotômetro, pelo menos não na faixa de absorção das antocianinas. Essas discussões, mesmo um pouco deslocadas do objetivo principal, são naturais do processo de investigação, podendo fazer os participantes repensarem a prática para que possam chegar assim ao resultado esperado. Isso foi o caso de P3, que ao perceber que não daria para fazer as leituras naquelas situações apresentadas pela sua amostra, falou sobre a possibilidade de se simular o pH do meio que ele estava testando por meio da mistura de NaOH(aq) com HCl(aq) até atingir o valor de pH entre 3,5 e 4,0, e com isso conseguir testar o tempo de degradação do pigmento naquelas condições.

Por fim, na discussão dos resultados obtidos e se o objetivo de determinar se o extrato

do fruto da palma de espinhos poderia ser usado como corante natural de determinados alimentos, e mesmo com os resultados negativos obtidos pelos participantes P2 e P3, surgiu uma discussão sobre o que poderia ser feito para aumentar a durabilidade do extrato. Tendo em vista que a maioria dos corantes alimentícios estão associados a algum tipo de conservante ou estabilizante, como trazido por P2, naquele momento eles buscaram responder essa questão com base nas informações disponíveis nos textos entregues e em uma pesquisa rápida na internet.

Assim, se o tempo da atividade se prolongasse, outras discussões certamente poderiam emergir, bem como a possiblidade de serem testadas experimentalmente a fim de dar respostas mais fundamentadas a questão levantada no texto problemática. Esta é a essência da investigação científica, os erros, os questionamentos que surgem em decorrência deles, são inerentes ao processo da descoberta.

5.3 A RELAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM OS GRAUS DE LIBERDADE DISCUTIDOS POR CARVALHO

Como mostrado até então, é visível a participação ativa dos alunos na atividade proposta, seja tecendo questionamentos, hipóteses ou respostas a questões levantadas pelo aplicador. Porém, como trazido por Carvalho (2018), é notável a dependência dos alunos a uma participação mais acentuada do aplicador quando eles não estão familiarizados com esse tipo de atividade, o que não vem a invalidar o uso de tal metodologia. Já que, mesmo com essas contribuições do aplicador, a atividade não perde o seu caráter investigativo, fazendo sempre os participantes se esforçarem, para tecer soluções condizentes com os fenômenos que iam sendo desencadeados à medida que ações eram tomadas por eles.

Assim, embasando-se nas discussões trazidas por Carvalho (2018) é correto afirmar que a atividade proposta consegue atender aos requisitos de uma sequência de ensino por investigação, tendo sido obtido um grau de liberdade dos alunos próximo ao grau de liberdade três, discutido pelo autor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como o discutido ao longo a pesquisa, a proposta apresentada conseguiu atender os objetivos estabelecidos para o presente trabalho. Embora tenhamos constatado algumas lacunas durante a aplicação do experimento, acreditamos que uma atividade investigativa com foco na experimentação é uma metodologia válida, se aperfeiçoada antes de ser aplicada no ensino de conceitos químicos.

Entre as possíveis lacunas, destacamos, por exemplo, a falta de aspectos discutidos por Carvalho (2013) considerados essenciais a uma metodologia de ensino por investigação, como é o caso da ausência da sistematização do conhecimento por meio da escrita, que é um elemento importante a ser considerado, de modo que ficamos limitados principalmente à etapa de discussão dos resultados entre os participantes e o aplicador.

A experimentação investigativa, como o exposto, pode auxiliar na aprendizagem de conceitos físico-químicos, associados à degradação de compostos orgânicos; ou ainda, a compreensão de outros conceitos científicos, desde que planejada e com objetivos claros.

A discussão dos resultados obtidos demonstra que a atividade proposta pode levantar discussões acerca de diversos assuntos relacionados às disciplinas de Físico-química e de Química Orgânica. Isso possibilita questionamentos que não estejam direcionadas exclusivamente à cinética de degradação, mas também a vários outros conteúdos relacionados ao processo estudado. Esse fato indica que a metodologia não faz parte de um ensino fragmentado e isolado, podendo compreender diferentes aspectos de um mesmo problema.

No entanto, é necessário ressaltar o cuidado que deve existir por parte do aplicador e/ou uma maior familiaridade do uso de tal metodologia por parte dos participantes; tendo em vista que, uma atividade isolada pode não apresentar resultados tão promissores. Como foi demonstrado nos resultados aqui discutidos. Já que como traz Carvalho (2018), a metodologia de ensino por investigação de forma isolada, pouco vem a agregar ou modificar a realidade apresentada. Tendo de se processar continuamente para que os alunos e até mesmo o professor venham a adquirir experiencia e possam cultivar bons frutos a partir dessa metodologia. Além de poderem ascender a outros níveis de liberdade, ficando mais fácil o processo de aplicação e vivência das atividades.

Assim sendo, com devidos cuidados e planejamento, o experimento proposto constitui uma importante fonte de questionamentos que possibilita aos participantes perturbarem o possível estado de equilíbrio cognitivo estabelecido anteriormente, por meio do acolhimento de um problema, como proposto por Piaget (2009) acerca do processo de aprendizagem. Ideia que

é reforçada em vários momentos durante a execução da atividade, tendo os participantes manifestações de processos cognitivos, característicos da teoria da aprendizagem piagetiana.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. **Cinética Química Aplicada**. [Lorena], 2018. (Apostila). Disponível em: http://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5963230/LOQ4079/ApostilaCineticaQuimica.pdf. Acesso em: 15 jul. 2019.

ALMEIDA, V. V. de; BONAFÉ, E. G.; STEVANATO, F. B.; SOUZA, N. E. de; VISENTAINER, J. E. L.; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J. V. Catalisando a Hidrólise da Uréia em Urina. **Química Nova na Escola**, [*S. l.*], v. 28, p. 42-46, maio 2008. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/10-EEQ-5506.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

ANTUNES, M.; ADAMATTI, D. S.; PACHECO, M. A. R.; GIOVANELA, M. PH do Solo: Determinação com Indicadores Ácido-Base no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, [*S. l.*], v. 31, p. 283-287, nov. 2009. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_4/11-EEQ-3808.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

ATAIDE, M. C. E. S.; SILVA, B. V. C. As Metodologias do Ensino de Ciências: Contribuições da Experimentação e da História e Filosofia da Ciência. **HOLOS**, [*S. l.*], v. 4, p. 171-181, 2011. Disponível em: http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/620. Acesso em: 27 abr. 2021.

BAADER, J. W. **Mecanismos de Reações Orgânicas**, Parte1: Conceitos Básicos para o Estudo dos Mecanismos de Reações Orgânicas. [São Paulo], 2011. (Apostila). Disponível em: http://www.iq.usp.br/wjbaader/qfl2345/Capitulo_1%271_QFL%202345.pdf. Acesso em: 15 jul. 2019.

BASTOS, M. de J. Os Desafios da Educação Brasileira. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento.**, [*s. l.*], v. 14, ed. 01, p. 39-46, 1 jan. 2017. Disponível em: https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/educacao-brasileira. Acesso em: 5 jun. 2021.

BRIDLE, P; TIMBERLAKE, C. F. Anthocyanins as natural food colours-selected aspects. **Food Chemistry**, [*S. l.*], v. 58, n. 1-2, p. 103-109, 1997. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814696002221. Acesso em: 27 abr. 2021.

BRITO, L. O. de; FIREMAN, E. C. ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA “PARA ALÉM” DE CONTEÚDOS CONCEITUAIS. **Experiências em Ensino de Ciências**, [*S. l.*], v. 13, p. 462-479, 2018. Anual. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID552/v13_n5_a2018.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

CAMPOS, G.; GUIMARÃES, S. F.; PALHARINI, A. R.; SANTOS, J. dos; AZEVEDO, J. A. TECNICISMO E PRÁTICA PEDAGÓGICA NA ESCOLA CONTEMPORÂNEA. **REVISTA CIENTÍFICA ELETÔNICA DE PEDAGOGIA**, [*s. l.*], ano IX, ed. 18, Julho 2011. Disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/XdNUnukCctbM9ZA_2013-7-10-15-6-55.pdf. Acesso em: 1 jun. 2021.

CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [*S. l.*], v. 18, n. 3, p. 765–794, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183765. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852. Acesso em: 27 abr. 2021

CARVALHO, A. M. P. de. O ENSINO DE CIÊNCIAS E A PROPOSIÇÃO DE SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVAS. *In*: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1-20.

COSTA, H. R.; MARTINS, L. S. P.; SILVA, A. L. P. Contextualização e Experimentação na seção "Experimentação no Ensino de Química" da revista Química Nova na Escola: uma análise de 2009-2015. *In*: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2017, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. **Anais/resumos [...].** Florianópolis, SC: [*s. n.*], 2017. Disponível em: http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1674-1.pdf. Acesso em: 11 jul. 2019.

CORTES, M. S.; RAMOS, L. A.; CAVALHEIRO, E. T. G. Titulações Espectrofotométricas de Sistemas Ácido-base Utilizando Extratos de Flores Contendo Antocianinas. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 1014-1019, ago. 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/qn/v30n4/a45v30n4.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

COUTO, A. B.; RAMOS, L. A.; CAVALHEIRO, E. T. G. Aplicação de pigmentos de Flores no Ensino de Química. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 221-227, abr. 1998. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/qn/v21n2/3459.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

DIAS, M. V.; GUIMARÃES, P. I. C.; MERÇON, F. Corantes Naturais: Extração e Emprego como Indicadores de pH. **Química Nova na Escola**, [*S. l.*], n. 17, p. 27-31, mai. 2003. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a07.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GIORDAN, M. O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, [*S. l.*], n. 10, p. 43-49, nov. 1999. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

HARBORNE, J. B.; WILLIAMS, C. A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phitochemistry**, [*S. l.*], v. 55, p. 481-504, nov. 2000. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031942200002351. Acesso em: 27 abr. 2021.

LEE, S. V. *et al*. Thermal and UV degradation of roselle anthocyanin extract and its mixtures with poly(vinyl alcohol) in different acid. **Pigment & Resin Technology**, [*S. l.*], v. 44, n. 2, p. 109-115, 2015.

LIMA, C. F. **Cinética Química: introdução**, [Viçosa], [201-?]. (Apostila). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/268146572_Introducao_a_Cinetica_Quimica. Acesso em: 15 jul. 2019.

LOPES, T. J. *et al*. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 3, p. 291-297, jul-set. 2007. Disponível em: https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/download/1375/1359. Acesso em: 27 abr. 2021.

MARÇO, P. H.; POPPI, R. J.; SCARMINIO, I. S. Procedimentos Analíticos para Identificação de Antocianinas Presentes em Extratos Naturais. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 31, n. 5, p. 1218-1223, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/qn/v31n5/a51v31n5.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

MERÇON, F.; GUIMARÃES, P. I. C.; MAINIER, F. B. Sistemas Experimentais para o Estudo da Corrosão em Metais. **Química Nova na Escola**, [*S. l.*], v. 33, n. 1, p. 57-60, fev. 2011. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_1/08-EEQ6810.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

MIMURA, A. M. S.; SALES, J. R. C.; PINHEIRO, P. C. Atividades Experimentais Simples Envolvendo Adsorção sobre Carvão. **Química Nova na Escola**, [*S. l.*], v. 32, n. 1, p. 53-56, fev. 2010. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_1/10-EEQ-2209.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

MORAES, R. **Extratos naturais: materiais alternativos para o ensino do equilíbrio ácido–base**. 2014. 54 p. Trabalho de Conclusão de curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO, São Roque, 2014. Disponível em: http://pergamum.ifsp.edu.br/pergamumweb/vinculos/000064/000064c6.pdf. Acesso em: 2 jun. 2021.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. de C. e. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 89-111, jan./jun. 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172007000100089. Acesso em: 27 abr. 2021.

OLIVEIRA, C. A. F. de; RESENDE FILHO, J. B. M. de; ANDRADE, L. R. de. Identificação de Ácido Salicílico em Produtos Dermatológicos Utilizando-se Materiais Convencionais. **Química Nova na Escola**, [*S. l.*], v. 33, n. 2, p. 125-128, maio 2011. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_2/08-EEQ2310.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

PIAGET, J. **Seis Estudos de Psicologia**. 24. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2009. 136 p. Tradução por: Maria Alice Magalhães D' Amorim e Paulo Sérgio Lima.

SILVA, R. T. *et al*. Contextualização e Experimentação uma análise dos artigos publicados na seção "Experimentação no Ensino de Química" da Revista Química Nova na escola 2000-2008. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.**, Belo Horizonte, v. 11, n. 2, p. 277-298, jul./dez. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172009000200277&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 27 abr. 2021.

SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, E. T. G.; ANTUNES, P. A. Aplicação de Extratos

Brutos de Flores de Quaresmeira e Azaléia e da Casca de Feijão Preto em Volumetria Ácido-base. Um Experimento para Cursos de Análise Quantitativa. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 408-411, jun. 2001. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/qn/v24n3/a19v24n3.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

TAHA, M. S. *et al*. Experimentação como ferramenta pedagógica para o ensino de ciências. **Experiências em Ensino de Ciências**, [*S. l.*], v. 11, n. 1, p. 138-154, 2016. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID305/v11_n1_a2016.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

UFPE. NFD. **Projeto Pedagógico do Curso de Química – Licenciatura**. Caruaru: Campus Agreste, 2013. Disponível em: <http://www.ufpe.br/documents/509751/0/PPC/6d8e3de2-54f0-4c40-adac-12b8cf0681fe>. Acesso em: 27 abr. 2021

VARGAS, F. D.; JIMÉNEZ, A. R.; LÓPEZ, O. P. Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanins, and Betalains — Characteristics, Biosynthesis, Processing, and Stability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [*S. l.*], v. 40, p. 173-289, maio 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Delgado-Vargas/publication/12467082_Natural_Pigments_Carotenoids_Anthocyanins_and_Betalains_-_Characteristics_Biosynthesis_Processing_and_Stability/links/0fcfd505736c03a512000000/Natural-Pigments-Carotenoids-Anthocyanins-and-Betalains-Characteristics-Biosynthesis-Processing-and-Stability.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

VAZ, E. L. S.; ACCIARI, H. A.; ASSIS, A.; CODARO, E. N. Uma Experiência Didática sobre Viscosidade e Densidade. **Química Nova na Escola**, [*S. l.*], v. 34, n. 3, p. 155-158, ago. 2012. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_3/08-EEQ-111-10.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

WARTHA, E. J.; ALÁRIO, A. F. A contextualização no ensino de Química Através do Livro Didático. **Química Nova na Escola**, [*S. l.*], n. 22, p. 42-47, nov. 2005. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a09.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, [*S. l.*], v. 35, n. 2, p. 84-91, mai. 2013. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/04-CCD-151-12.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

APÊNDICE A – PROBLEMÁTICA

Com o advento da revolução industrial no século XVIII, que fez com que houvesse a migração da população rural para as cidades em busca de empregos. Era grande a necessidade de se aprimorar os meios de produção de alimentos para suprir as demandas apresentadas pela sociedade industrializada em expansão. Com essa necessidade além de aperfeiçoar os métodos de produção envolvendo o aprimoramento do cultivo agrícola (fazendo o uso de fertilizantes, agrotóxicos, máquinas agrícolas dentre outras tecnologias) também surgiu a necessidade do uso de métodos de armazenamento e processamento mais eficazes que fizessem com que o alimento chegasse com rapidez e qualidade ao consumidor. Principalmente durante o período de guerras onde era imprescindível que a alimentação apresentasse características como, maior durabilidade e forma compacta possibilitando uma maior rapidez no seu transporte.

Com o uso de certas etapas na fabricação de alimentos tornou-se necessário o uso de aditivos para que estes não estragassem com facilidade ou semelhassem o mais natural possível transmitindo confiabilidade ao consumidor. Dentre esses aditivos alguns estão presentes na maioria dos alimentos. Basta-se ler o rótulo de um produto que passou por algum tipo de processamento mais intenso para se identificar ali alguns aditivos como os corantes, emulsificantes, conservantes, aromatizantes dentre outros.

Os corantes se apresentam nos alimentos industrializados com a função de conferir uma coloração convidativa que se assemelhe ao máximo com um produto que passou por menor processamento. Para isso utiliza-se de pigmentos de origens variadas para que se chegue ao objetivo. Dentre esses pigmentos estão tanto pigmentos pertencentes as funções inorgânicas quanto orgânicas. Estes podem ser obtidos de fontes naturais ou sintéticas.

Os corantes de origem sintética têm um menor custo de produção e uma maior durabilidade, contudo alguns estudos apontam uma toxidade elevada em parte dos compostos usados. Por este motivo tem havido um retorno a busca por corantes de origem natural.

Dentre os corantes naturais mais utilizados temos o carmim da cochonilha, usado para colorir produtos derivados de leite, carnes, dentre outros produtos industriais que possuam uma coloração entre rosa e o vermelho. Esse corante é extraído dos corpos mortos das fêmeas do inseto possuidor do mesmo nome (cochonilha), por esse motivo e por possíveis efeitos alérgicos, surgem discussões sobre a necessidade de se substituir esse corante por outro que não apresente tais problemas. O extrato do fruto da palma de espinhos (*Opuntia dillenii*), planta muito usada no Nordeste para a construção de cercas vivas, pode ser usado como substituinte a

esses pigmentos?

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO EXPLORATÓRIO

Nome:
Período provável:

1. Quantos períodos fazem que pagou as disciplinas de Físico-química e Química Orgânica ou cadeiras relacionadas?

2. Que conceitos químicos você pode ligar ao processo de deterioração dos alimentos e de que forma eles podem ser estudados?

3. Como você acha que se dá o processo de cálculo da validade dos alimentos?