

Artigo

Utilização do Arco de Maguerez Modificado como uma Metodologia Problematizadora na Síntese da *p*-Nitroacetanilida

Silva Jr., J. N.;* Barbosa, F. G.; Mafezoli, J.; Lima, M. A. S.

Rev. Virtual Quim., 2014, 6 (4), 978-988. Data de publicação na Web: 14 de abril de 2014

<http://www.uff.br/rvq>**Using Modified Maguerez's Arch as a Problem-solving Methodology on Synthesis of the *p*-nitroacetanilide**

Abstract: Synthesis of the *p*-nitroacetanilide performed in the organic chemistry laboratory class at the Universidade Federal do Ceará was modified from the traditional format into a problem-based learning class using the modified Maguerez's Arch. The development, implementation and feedback from the students are presented in this article. According to results, the present study leads us to conclude that the used methodology is an alternative and successful method for the experimental organic chemistry teaching-learning process.

Keywords: Experimental Class; Organic Chemistry; Maguerez's Arch.

Resumo

A síntese da *p*-nitroacetanilida, realizada na aula de laboratório de química orgânica da Universidade Federal do Ceará, foi transformada a partir do formato tradicional em uma aula de aprendizagem baseada em problemas usando o Arco de Maguerez modificado. O desenvolvimento, implementação e *feedback* dos alunos são apresentados neste artigo. De acordo com os resultados, o presente estudo nos leva a concluir que a metodologia utilizada é um método alternativo e bem-sucedido para o processo de ensino-aprendizagem da Química Orgânica Experimental.

Palavras-chave: Aula Experimental; Química Orgânica; Arco de Maguerez.

* Universidade Federal do Ceará, Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, CEP 60451-970 Fortaleza-CE, Brasil.

✉ nunes.ufc@gmail.com

DOI: [10.5935/1984-6835.20140061](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20140061)

Utilização do Arco de Maguerez Modificado como uma Metodologia Problematizadora na Síntese da *p*-Nitroacetanilida

José N. da Silva Júnior,* Francisco G. Barbosa, Jair Mafezoli, Mary Anne S. Lima

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, CEP 60451-970 Fortaleza-CE, Brasil.

* nunes.ufc@gmail.com

Recebido em 10 de dezembro de 2013. Aceito para publicação em 13 de abril de 2014

1. Introdução

- 1.1. O laboratório no ensino de química
- 1.2. O ensino baseado em problemas

2. Metodologia

- 2.1. Ponto de partida
- 2.2. Grupo de estudantes

3. Resultados e Discussão

- 3.1. *Feedback* dos Estudantes
- 3.2. Avaliação dos Professores

4. Conclusões

1. Introdução

1.1. O Laboratório no Ensino de Química

O papel das aulas experimentais em laboratórios no ensino da Química foi amplamente discutido por Logowski, que associou intimamente a evolução das aulas ao desenvolvimento da Química.¹ Os laboratórios de ensino começaram a ser introduzidos no início do século XIX, quando Liebig e outros pesquisadores europeus passaram a oferecer o ensino experimental aos estudantes.² De acordo com a

classificação de Domin, tais experiências de laboratório poderiam ser descritas como "inquerito" ou "baseada em problemas", uma vez que eram destinadas ao desenvolvimento de verdadeiras estratégias e competências de investigação.³

A partir de meados do século XIX, a ideia de que as aulas experimentais de química eram fundamentais para o aprendizado de conceitos teóricos,⁴ além de constituírem uma parte importante dos currículos de graduação, ganhou importância na América.⁵ Todavia, o esforço para incluí-las nos currículos acadêmicos negligenciou a importância do conteúdo dos cursos de

laboratório, e o estilo investigativo das aulas laboratoriais de Liebig foi convertido em aulas expositivas,¹ onde o procedimento experimental é fornecido pelo professor, a abordagem é dedutiva e os resultados são pré-determinados.²

Atualmente, uma aula experimental de química orgânica oferece um roteiro a ser seguido, onde todas as etapas do procedimento são cuidadosamente descritas. Durante esta experiência de prática laboratorial são discutidas noções básicas de manuseio de vidrarias e equipamentos, bem como detalhes mecânicos da reação em estudo.⁶ No entanto, a metodologia tradicional baseada na leitura de um texto, pode ser considerada como um fator limitante ao pensamento crítico, e de outras importantes habilidades de comunicação e trabalho em grupo, consideradas essenciais ao mercado de trabalho⁷ e contempladas na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB (Lei N^o 9394 de 1996).⁸

Dentro deste contexto, a aprendizagem em aulas experimentais tradicionais é amplamente discutida,^{9,10} devido a alegações de que o nível é insuficiente, além da dificuldade de correlação dos objetivos da prática e resultados obtidos.¹¹ Ademais, existe a dificuldade da restrição de tempo para o exercício da criatividade e da contextualização e, normalmente, limitam-se a verificar um tema já conhecido ou a testar uma teoria apresentada previamente nas aulas teóricas.¹²

1.2. O Ensino Baseado em Problemas

Como alternativa para este cenário de predominância de aulas tradicionais, metodologias ativas e baseadas em problemas (PBL – Problem-Based Learning) em aulas teóricas¹⁰ e práticas^{12,13} vêm sendo

implementadas e avaliadas.

A metodologia PBL surgiu no final da década de 60 na Faculdade de Medicina da Universidade McMaster, e tem na situação problema o seu componente fundamental.¹¹ Trata-se de uma abordagem educacional que utiliza problemas complexos da vida real para motivação de identificação de problemas, e pesquisa dos conceitos e princípios básicos necessários para a sua resolução.¹² O trabalho é executado em grupos, independentemente do instrutor, e o conteúdo da aula é assimilado através do desenvolvimento de outras habilidades relacionadas ao pensamento crítico, avaliação e uso de fontes apropriadas de aprendizado.⁴

Um grande e variado número de propostas de metodologia PBL é empregado com enfoque experimental, em que o processo de aprendizagem é organizado em ciclos estruturados¹³ de atividades baseadas em problematização, tais como a estratégia de resolução de problemas de McMaster¹⁴ e o Arco de Maguerez.¹⁵ Neste último, cinco etapas sequenciais (Figura 1) se desenvolvem a partir da realidade ou de um recorte da realidade: Observação da realidade (etapa I); Levantamento de pontos-chave (etapa II); Teorização (etapa III); Hipóteses de solução (etapa IV); e Aplicação à realidade (etapa V).

Embora o Arco de Maguerez seja muito utilizado na área de Ciências da Saúde, sua utilização é pouco explorada na Química. Dessa forma, este trabalho teve como objetivos desenvolver, implementar e avaliar uma aula de Química Orgânica Experimental baseada em problemas, utilizando o Arco de Maguerez modificado pelos autores para viabilizar a investigação simultânea de diversos pontos-chaves, como uma alternativa para as aulas práticas tradicionais.

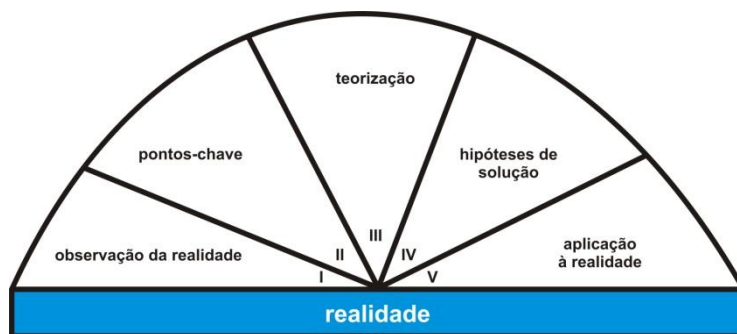


Figura 1. Arco de Maguerez

2. Metodologia

2.1. Ponto de Partida

Um equívoco da responsável técnica do laboratório na preparação de uma solução nitrante resultou na falha da síntese da *p*-nitroacetanilida em uma aula experimental

de química orgânica (Figura 2). O processo subsequente de investigação das possíveis causas do problema despertou significativamente o interesse e a participação dos estudantes nas aulas. Desta forma, a mesma situação-problema foi repetida em turmas subsequentes, e o Arco de Maguerez foi utilizado como norteador do processo investigativo.

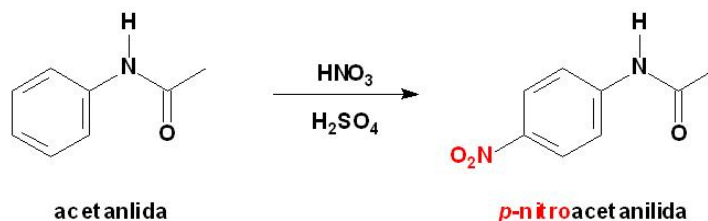


Figura 2. Esquema da síntese da *p*-nitroacetanilida

2.2. Grupo de Estudantes

A metodologia problematizadora foi implementada através de uma aula tradicional da disciplina de Química Orgânica Experimental, que contou com a participação de 25 estudantes do segundo ano do Curso de Farmácia da Universidade Federal do Ceará.

A Figura 3 mostra um esquema geral do desenvolvimento das aulas segundo a metodologia problematizadora aplicada.

Os estudantes foram separados em pequenos grupos (3 a 4 estudantes) e receberam um roteiro com as instruções detalhadas para cada etapa da síntese da *p*-nitroacetanilida, conforme descrito na literatura.¹⁶ Todavia, o ponto de partida para a "problematização" do Arco de Maguerez baseou-se no fato de que o ácido nítrico concentrado utilizado na solução nitrante havia sido acidentalmente substituído por ácido sulfúrico concentrado.

3. Resultados e Discussão

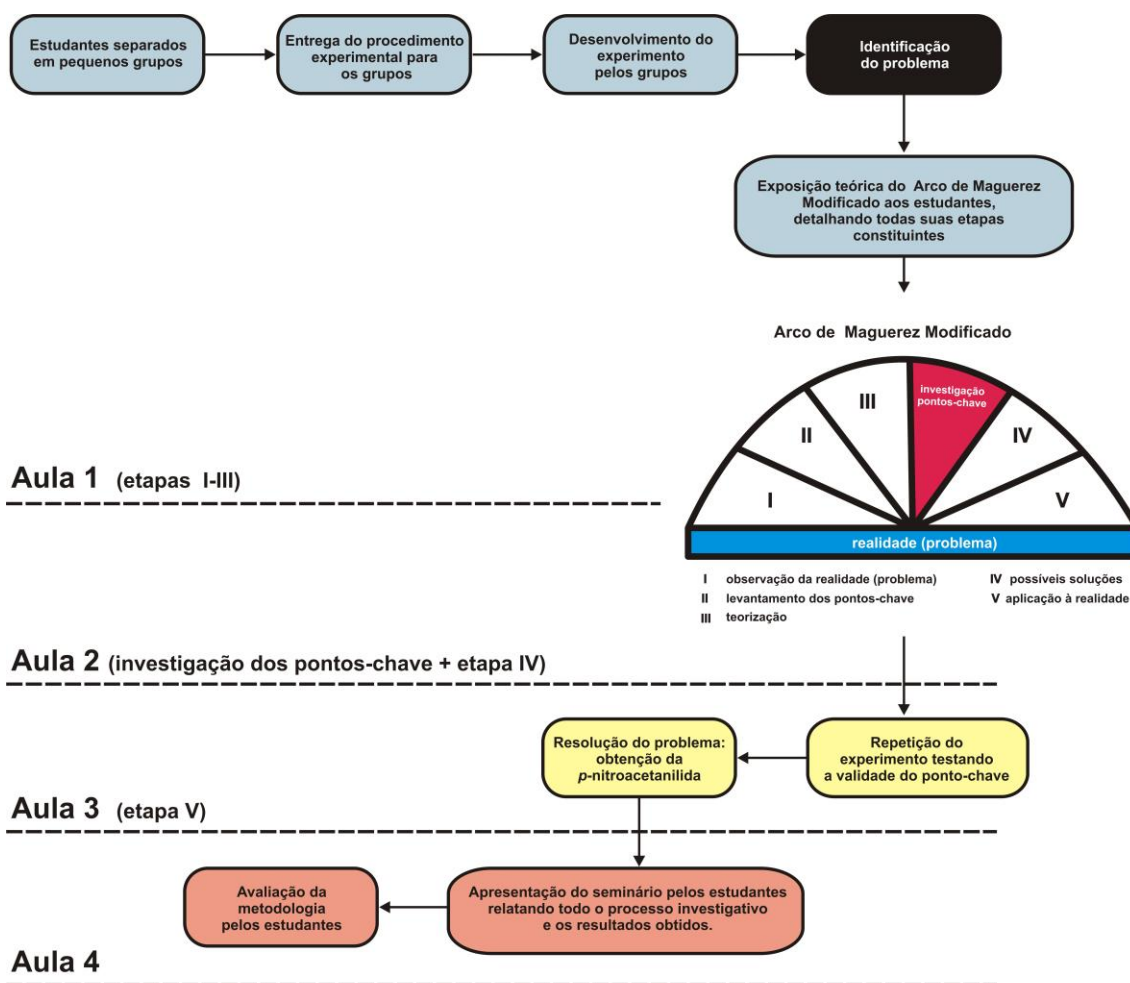


Figura 3. Esquema geral das aulas segundo a metodologia problematizadora aplicada

A execução fiel das instruções pelos estudantes levou a resultados diferentes entre os grupos. Enquanto duas equipes obtiveram a formação de um sólido branco, as demais seis equipes não observaram a formação de precipitados.

A partir do questionamento dos resultados obtidos, todos acreditavam que o sólido branco formado era a *p*-nitroacetanilida, desconsiderando-se a informação no roteiro de que a mesma apresentava-se como um sólido amarelo, o que indicou a falta de análise crítica durante a leitura do roteiro e na execução do experimento.

Os estudantes ainda relataram terem vivenciado situações nos laboratórios em que os experimentos não levaram aos resultados esperados e, na grande maioria das vezes, as possíveis causas do problema não eram

investigadas e que, nesses casos, o professor quase sempre apontava um possível motivo que levava ao problema, porém o motivo apresentado nunca era de fato comprovado.

Com o intuito de modificar este panorama, o Arco de Maguerz modificado (Figura 2) foi apresentado aos estudantes, que foram motivados a desenvolvê-lo como uma estratégia para solucionar o problema. A modificação do Arco original se deu pela inclusão de uma etapa de “investigação dos pontos-chave”, entre as etapas III e IV.

Após analisarem todos os detalhes experimentais do procedimento realizado (etapa I), foram sugeridos seis pontos-chaves como possíveis causas para a não obtenção do produto esperado (etapa II), que foram fundamentados teoricamente (etapa III). Os pontos-chave sugeridos foram: (1) a identidade da acetanilida; (2) a identidade

do ácido acético glacial; (3) a identidade do ácido sulfúrico, (4) a identidade do ácido nítrico; (5) o tempo de reação; e (6) a temperatura de reação.

Após a fundamentação teórica de cada ponto-chave (etapa III), eles foram investigados simultaneamente por diferentes grupos na etapa de *investigação dos pontos-chave*, levando à otimização de tempo e economia de reagentes, uma vez que o Arco de Magueres original exigia a repetição do procedimento experimental para cada ponto-chave investigado. Ressalta-se que a etapa

investigativa possibilitou a utilização de conhecimentos interdisciplinares, que não seriam explorados na síntese da *p*-nitroacetanilida pela metodologia tradicional (Tabela 1), tais como a preparação e padronização da solução (NaOH), testes de solubilidade (acetanilida e *p*-nitroacetanilida), titulometria ácido-base (HCl e NaOH), determinação da densidade de líquidos (ácidos sulfúrico e nítrico), obtenção de espectros de ^1H RMN e IV (acetanilida e *p*-nitroacetanilida) e sua comparação com o espectro padrão.

Tabela 1. Comparação entre algumas características e atividades laboratoriais entre metodologias tradicionais e a aplicada com o Arco de Magueres

Características e Atividades Laboratoriais	Disciplina		Arco de Magueres
	Correlacionada	Tradicional	
Tempo do experimento	-	3h	12h*
Número de aulas	-	1	4*
Professores envolvidos	-	1	3
Síntese e recristalização da <i>p</i> -nitroacetanilida	Q. Orgânica II	sim	sim
Teste químico de confirmação da <i>p</i> -nitroacetanilida	Q. Orgânica II	sim	sim
Preparação e padronização de soluções	Q. Analítica I	não	sim
Testes de solubilidade	Q. Orgânica I	não	sim
Titulometria ácido-base	Q. Analítica II	não	sim
Determinação de densidade de líquido	Q. Geral	não	sim
Teste de caracterização do íon sulfato	Q. Analítica I	não	sim
Teste de caracterização do íon nitrato	Q. Analítica I	não	sim
Determinação de ponto de ebulição	Q. Orgânica I	não	sim
Obtenção de espectro de RMN ^1H	Q. Orgânica III	não	sim
Obtenção de espectro de IV	Q. Orgânica III	não	sim

*9h (3 aulas) se não considerarmos a aula utilizada para a apresentação e avaliação do seminário.

Concluídas as etapas de investigação para cada grupo, os resultados foram compartilhados e discutidos com o objetivo de identificar o ponto-chave causador do problema e elaborar uma hipótese de

solução (etapa IV). A partir da análise dos resultados, foi possível comprovar que o item responsável pelo insucesso da reação era o conteúdo do frasco de ácido nítrico, que na verdade se tratava de ácido sulfúrico. Desta

forma, foi proposta a substituição do frasco do ácido adulterado utilizado por ácido nítrico P. A., como hipótese de solução do problema.

Na aula seguinte, o procedimento experimental foi repetido (etapa V) utilizando o frasco de ácido nítrico P. A., e a *p*-nitroacetanilida foi obtida com rendimento médio de 75 %. Nesta etapa, a aplicação à realidade da hipótese de solução levou à solução do problema, validando o ponto-chave sugerido.

Finalizando o processo, os grupos foram estimulados a discutirem entre si todos os procedimentos e resultados envolvidos em cada etapa da metodologia vivenciada, os

Tabela 2. Distribuição das médias ponderadas de concordância dos estudantes em relação às afirmações apresentadas

Afirmação	VMP*
1) Propicia o desenvolvimento de competências: saber (conhecimentos), saber fazer (habilidade de realizar) e saber ser (atitude diante do problema).	9,5
2) Estimula a autonomia e a iniciativa do estudante frente à resolução de problemas (participação ativa do estudante).	9,5
3) Promove aulas práticas contextualizadas com situações mais próximas à realidade de uma rotina laboratorial.	9,5
4) Promove o trabalho colaborativo em equipe.	9,8
5) Estimula a busca de informações na literatura.	9,8
6) Estimula a realização de discussões e debate.	9,9
7) Motiva os estudantes a participarem da aula prática.	9,6
8) Necessita de mais tempo de dedicação até a finalização do experimento.	9,2
9) Estimula a utilização de conhecimentos de outras disciplinas na resolução do problema.	9,7
10) Estimula a busca de novos conhecimentos além dos objetivos do experimento.	9,8
11) Coloca o professor na condição de um agente facilitador do processo de aprendizagem, deixando para o estudante o papel principal no processo.	9,7
12) Deve ser utilizada em outras práticas e/ou disciplinas experimentais.	9,0

* MVP = valor médio ponderal.

Analisando as elevadas médias ponderadas ($\geq 9,0$), podemos afirmar que a metodologia utilizada permite o desenvolvimento de habilidades e conhecimentos; incentiva a autonomia do aluno e a iniciativa para a resolução de problemas; promove o trabalho de colaboração em equipe através de discussões e debates; estimula a busca para obter

quais foram apresentados na forma de seminário.

3.1. Feedback dos Estudantes

A avaliação da metodologia foi realizada através de um questionário constituído de três partes. A primeira parte estava relacionada à concordância frente a 12 afirmações, atribuindo notas de 0,0 (discordância total) a 10,0 (concordância plena) a cada uma delas - escala Likert¹⁷ (Tabela 2).

informações na literatura, e utiliza o conhecimento interdisciplinar na busca de novos conhecimentos. Além disso, a metodologia motiva os alunos a participar das aulas práticas como protagonistas no processo, e atribuem ao professor o papel de facilitador da aprendizagem.

Na segunda parte do questionário, os estudantes foram convidados a definir com uma única palavra a metodologia problematizadora utilizada. Foram citadas 15 palavras, onde o número de citações de cada uma delas encontra-se entre parênteses: ação (1), autonomia (2), crítica (2), desafiadora (1), eficiente (1), estimuladora (1), experiência (1), incentivadora (2), inovadora (1), interessante (4), investigativa (1), maravilhosa (1), prática (1), promissora (1), trabalhosa (1).

Apesar de não ter ocorrido uma concentração de citações em uma única palavra que pudesse auxiliar na definição qualitativa da metodologia, pode-se verificar que as palavras citadas, excetuando-se a palavra “trabalhosa”, estão associadas a características positivas desejáveis em uma aula experimental.

Finalizando o questionário de avaliação, os estudantes relataram os pontos positivos e negativos da metodologia problematizadora aplicada. Exemplos de suas respostas que enfatizaram os pontos positivos estão listados abaixo:

“A metodologia é positiva ao deixar o aluno mais livre e estimulado para a realização das práticas. Estimulou muitos os alunos a buscarem conhecimento com outros professores e a saberem lidar com um problema de decidir o que fazer.”

“Interdisciplinaridade, estímulo à busca na literatura, união da turma, facilidade do aprendizado, possibilidade de comprovação da hipótese.”

“Permite que o aluno observe a realidade de maneira crítica, podendo relacionar a realidade com a temática que é estudada.”

“Contribui para o desenvolvimento da autonomia do aluno. Proporciona maior integração do grupo.”

“Estimula a autonomia; estimula o trabalho em equipe; permite antecipação da vivência profissional/laboratorial.”

“Achei que a metodologia foi muito proveitosa, não apenas para mim, mas para a

turma como um todo, pois fazer com que todos trabalhassem juntos foi uma novidade para nós, provocando um crescimento pessoal e nas relações.”

“Induz o aluno a ter pensamento crítico sobre as disciplinas e as práticas. Promove uma interação entre os alunos.”

“Desenvolvimento da capacidade de dedução, do trabalho em equipe, da interdisciplinaridade e da habilidade de pesquisa”.

“O método propicia uma maior aprendizagem devido à constante busca de conhecimento a fim de solucionar os problemas encontrados. Torna o aluno o agente ativo no processo de aprendizagem. Estimula vários debates construtivos entre os alunos.”

“Estimula nos alunos maior autonomia diante do problema e diante dos procedimentos laboratoriais; facilita a integração da turma e o desenvolvimento de trabalho em equipe; estimula a busca de conhecimento além da sala de aula, bem como a integração de disciplinas.”

“Estimula a busca de informações adquiridas em outras disciplinas; incentiva o aluno a pesquisar dados na literatura; torna o aluno mais autônomo e mais questionador.”

“É um método bastante didático que facilita e envolve o aluno no processo de aprendizado.”

“Autonomia do aluno na busca de novos conhecimentos par aplicação da realidade em aula prática. O trabalho em equipe é de grande importância para uma posterior análise de discussões e conhecimentos. O objetivo da metodologia é de fundamental importância para que possa ser aplicado a outras disciplinas.”

Pode-se perceber que os comentários dos estudantes corroboraram os resultados apresentados na Tabela 2, ressaltando-se que a integração e o trabalho em equipe dos estudantes, bem como o estímulo a autonomia dos mesmos na busca por informações e conhecimento para a

resolução do problema, foram relatados como aspectos positivos da metodologia.

Enquanto todos os 25 estudantes que responderam ao questionário destacaram pontos positivos na metodologia problematizadora, um número menor (13) citou pontos negativos, os quais se relacionavam a apenas dois diferentes temas: (I) a metodologia problematizadora exige muito tempo do estudante fora do horário reservado à disciplina; (II) a incompatibilidade entre os horários dos membros do grupo foi um fator que dificultou a reunião entre os estudantes e, conseqüentemente, a elaboração do seminário.

3.2. Avaliação dos Professores

Durante as quatro aulas destinadas à aplicação da metodologia problematizadora ficou evidenciado o alto interesse e a motivação dos estudantes. A participação efetiva nas atividades laboratoriais e extra-laboratoriais também mereceu destaque, uma vez que foi necessário buscar informações na literatura e organizar os procedimentos experimentais de investigação para a resolução do problema encontrado. Por outro lado, o uso da metodologia necessitou de um maior número de aulas para realização de todas as etapas investigativas, fato este que implicou na reorganização dos conteúdos e do cronograma da disciplina, sem comprometer os objetivos gerais pré-estabelecidos.

4. Conclusões

O Arco de Maguerez modificado foi usado pela primeira vez como um guia para a resolução de um problema em uma aula de the undergraduate 1st year chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice* **2007**, *8*, 347. [CrossRef]

⁷ a) Belt, S. T.; Evans, E. H.; McCreedy, T.; Overton, T. L.; Summerfield, S. U. A problem

Química Orgânica Experimental. A diferença do Arco de Maguerez original foi a introdução da etapa “investigação dos pontos-chave” na qual todos os pontos-chave foram investigados simultaneamente. A metodologia utilizada estimulou a análise crítica dos resultados, a busca de informações na literatura e o uso de conhecimentos adquiridos em outras áreas correlatas, que foram corroborados pela opinião positiva dos estudantes e professores. Os resultados aqui apresentados são um exemplo de como um simples erro laboratorial pode transformar uma aula tradicional em uma forma mais interessante e estimulante de ensino.

Referências Bibliográficas

¹ a) Logowski, J. J.; Elliot, M. J.; Stewart, K. K. The role of the laboratory in chemistry instruction. *Journal of Chemical Education* **2008**, *88*, 145. [CrossRef]

² Domin, D. S. A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education* **1999**, *76*, 543. [CrossRef]

³ Sheppard, K.; Horowitz, G. From Justus von Liebig to Charles W. Eliot: the establishment of laboratory work in U.S. high schools and colleges. *Journal of Chemical Education* **2006**, *83*, 566. [CrossRef]

⁴ Ihde, A. J. The Development of Modern Chemistry; Harper and Row Publishers: New York, 1964; p 261.

⁵ Merat, L. M. O. C.; San Gil, R. A. S. Inserção do conceito de economia atômica no programa de uma disciplina de química orgânica experimental. *Química Nova* **2003**, *26*, 779. [CrossRef]

⁶ Kelly, O. C.; Finlayson, O. E. Providing solutions through problem-based learning for

based learning approach to analytical and applied chemistry. *University Chemistry Education* **2002**, *6*, 65; [Link] b) Flynn, A. B., Biggs, R. The development and implementation of a problem-based learning

format in a fourth-year undergraduate synthetic organic and medicinal chemistry laboratory course. *Journal of Chemical Education* **2012**, *89*, 52; [CrossRef] c) van Gyn, G.; Ford, C. *Teaching for Critical Thinking*; Society for Teaching and Learning in Higher Education: London, 2006.

⁸ Brasil, Ministério da Educação. Diretrizes Nacionais do Curso de Graduação em Farmácia. Resolução CNE/CES 2/2002. Diário Oficial da União, Brasília, 4 de março de 2002. Seção 1, p. 9.

⁹ Lobo, S. F. O trabalho experimental no ensino de química. *Química Nova* **2012**, *35*, 430. [CrossRef]

¹⁰ a) Hofstein, A.; Lunetta, V. N. The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. *Science Education* **2003**, *88*, 28; [Link] b) Tobin, K. Research on science laboratory activities: in pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics* **1990**, *90*, 403; [CrossRef] c) Hofstein, A.; Lunetta, V. N. The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research* **1982**, *52*, 201; [CrossRef] d) Tobin, K.; Gallager, J. J. What happens in high school science classrooms? *Journal of Curriculum Studies* **1987**, *19*, 549; [CrossRef] e) Herron, J. D. Nurrenbern, S. C. Chemical Education Research: Improving Chemistry Learning. *Journal of Chemical Education* **1999**, *76*, 1353; [CrossRef] f) Arons, A. B. Guiding insight and inquiry in the introductory physics laboratory. *The Physics Teacher* **1993**, *31*, 278; [CrossRef] g) Kapuscinski, B. P. The Purpose of Laboratory Instruction in High School Chemistry: A Historical Survey. *Journal of Chemical Education* **1981**, *58*, 194; [CrossRef] h) Novak, J. D. Learning Science and the Science of Learning. *Studies in Science Education* **1988**, *15*, 77. [CrossRef]

¹¹ McGarvey, D. J. Experimenting with Undergraduate Practicals. *University Chemistry Education* **2004**, *8*, 58. [Link]

¹² McDonnell, C.; O'Connor, C.; Seery, M. Developing Practical Chemistry Skills by

Means of Student-driven Problem Based Learning Mini-projects. *Chemistry Education Research and Practice* **2007**, *8*, 130. [CrossRef]

¹³ a) Lopes, R. M.; Silva Filho, M. V.; Marsden, M.; Alves, N. G. Aprendizagem Baseada em Problemas: Uma experiência no ensino de química toxicológica. *Química Nova* **2011**, *34*, 1275; [CrossRef] b) Clougherty, R.; Wells, M. Use of Wikis in Chemistry Instruction for Problem-Based Learning Assignments: An Example in Instrumental Analysis. *Journal of Chemical Education* **2008**, *85*, 1446; [CrossRef] c) Queiroz, S. L.; Sá, L. P., Francisco, C. A. Estudos de caso em química. *Química Nova* **2007**, *30*, 731; [CrossRef] d) Hodges, L. C.; Harvey, L. C. Using collaborative cases in organic chemistry. *The Chemical Educator* **2003**, *8*, 346; [Link] e) Bennett, N.; Cornely, K. Thalidomide makes a comeback: a case discussion exercise that integrates biochemistry and organic chemistry. *Journal of Chemical Education* **2001**, *78*, 759; [CrossRef] f) Cannon, K. C.; Krow, G. R. Synthesis of complex natural products as a vehicle for student-centered, problem-based learning. *Journal of Chemical Education* **1998**, *75*, 1259; [CrossRef] g) Dods, R. F. A problem-based learning design for teaching biochemistry. *Journal of Chemical Education* **1996**, *73*, 225; [CrossRef] h) Sutherland T.; Bonwell C. C. (eds) (1996) Using active learning in college classes: a range of options for faculty. Jossey-Bass, San Francisco; Jesus, K. D. A problem-based approach to organic chemistry. *Journal of Chemical Education* **1995**, *72*, 224; [CrossRef] i) Ringan, N. S.; Grayson, L. Molecular modelling in the undergraduate chemistry curriculum: The use of beta-lactams as a case Study. *Journal of Chemical Education* **1994**, *71*, 856. [CrossRef]

¹⁴ a) Acuña, M. G.; Sosa, N. M.; Valdez, E. C. Innovando en los trabajos practicos de química orgánica. utilización del aprendizaje basado en problemas como estrategia didáctica. *Avances en Ciencias e Ingeniería* **2011**, *2*, 89; [CrossRef] b) Llorens-Molin, J. A. El aprendizaje basado en problemas como

- estrategia para el cambio metodológico en los trabajos de laboratório. *Química Nova* **2010**, *33*, 994; [CrossRef] c) Francisco Jr., W. E.; Ferreira, L. H.; Hartwig, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. *Química Nova na Escola* **2008**, *34*; [Link] d) Kelly, O. C.; Finlayson, O. E. Providing solutions through problem-based learning for the undergraduate 1st year chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice* **2007**, *8*, 347; [CrossRef] e) Ockwig, N. W. The great wakonse earthquake of 2003: a short problem-based introduction to the titration concept. *Journal of Chemical Education* **2006**, *83*, 600; [CrossRef] f) Belt, S. T.; Evans, E. H.; McCreedy, T.; Overton, T. L.; Summerfield, S. A problem based learning approach to analytical and applied chemistry. *Journal of Chemical Education* **2002**, *6*, 65; [CrossRef] g) Coppola, B. P.; Gottfried, A. C.; Gdula, R. L.; Kiste, A. L. Cancilla, D. A. Integration of environmental analytical chemistry with environmental law: The development of a problem-based laboratory. *Journal of Chemical Education* **2001**, *78*, 1652; [CrossRef] h) Ram, P. Problem-based learning in undergraduate instruction. A sophomore chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education* **1999**, *76*, 1122; [CrossRef] i) Cannon, K. C.; Krow, G. R. Synthesis of complex natural products as a vehicle for student-centered, problem-based learning. *Journal of Chemical Education* **1998**, *75*, 1259; [CrossRef] j) Wenzel, T. J. A new approach to undergraduate analytical chemistry. *Analytical Chemistry* **1995**, *67*, 470A; [CrossRef] k) Rivarola, V. A.; Bergesse, M. B. G.; Fernandez, A. C. A problem-based learning approach to a biological chemistry laboratory class for students of veterinary science. *Biochemical Education* **1997**, *25*, 22; [CrossRef] l) Hughes, K. D. Using an aquarium to teach undergraduate analytical chemistry. *Analytical Chemistry* **1993**, *65*, 883A. [CrossRef]
- ¹⁵ Mamede, S.; Penaforte, J.; Schmidt, H.; Caprara, A.; Tomaz, J. B.; Sá, H. L. C.; *Aprendizagem baseada em problemas: anatomia de uma abordagem educacional*, Editora Hucitec: Fortaleza, 2001.
- ¹⁶ Mano, E. B.; Seabra, A. P.; *Práticas de Química Orgânica*, 3^a ed., Editora Edgard Blücher: São Paulo, 1987.
- ¹⁷ a) Hartley, J.; Betts, L. R. Four layouts and a finding: the effects of changes in the order of the verbal labels and numerical values on Likert-type scales. *International Journal of Social Research Methodology* **2010**, *13*, 17; [CrossRef] b) Dawes, J. Do data characteristics change according to the number of scale Points Used? An experiment using 5-point, 7-point and 10-point scales. *International Journal of Market Research* **2008**, *50*, 61; [Link] c) Sax, G. *Principles of Educational and Psychological Measurement and Evaluation*, Wadsworth Publishing Company: California, 1989; d) Likert, R. A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology* **1932**, *140*, 55. [Link]