

Copyright 2016, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2016, em Búzios/RJ no mês de maio de 2016.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

AVALIAÇÃO DE PRÁTICA EXPERIMENTAL NA ELUCIDAÇÃO DO CONCEITO DE PELÍCULA DE PASSIVAÇÃO

Sara C. Silva^a, Ambrósio F. de Almeida Neto^b

Abstract

This work proposes an experimental practice which provides a better understanding of passivation concept with aid of ordinary materials and easy access. Moreover, 36 students made an evaluation about the effectiveness of the experiment in elucidating the theme, answering a questionnaire with 5 objective questions with 5 alternatives each. The experiment can be done in the classroom, where a specimen (commercial nail) made of steel was placed in a beaker containing concentrated nitric acid (65 % by volume). While another specimen with the same origin was inserted into another beaker containing dilute nitric acid (13 % by volume). Instantly the diluted solution begins to corrode the sample, while in concentrated solution, because the environmental characteristics, a protective film is formed over the nail. After a few minutes, the passivated specimen was immersed in dilute nitric acid and only after the film was consumed, it also experienced accelerated corrosion process. A total of 84 % of the students evaluated this practice as good or excellent and 89% considered that the information passed through the experiment has good or excellent applicability in the engineer's work practice.

Keywords: passivation, protective film, corrosion.

Resumo

Este trabalho propôs uma prática experimental para melhor elucidação do conceito de passivação do aço carbono com o auxílio de materiais simples e de fácil acesso. Além disso, 36 alunos fizeram uma avaliação sobre a eficácia do uso da prática para demonstração do tema, respondendo a um questionário com cinco questões objetivas, cada uma com 5 alternativas. O experimento pode ser feito em sala de aula, onde um corpo de prova (prego comercial) de aço carbono foi inserido em um béquer contendo ácido nítrico concentrado (65 % em volume). Ao mesmo tempo outro corpo de prova com mesma procedência foi inserido em outro béquer contendo ácido nítrico diluído (13 % em volume). Instantaneamente a solução diluída começou a corroer a amostra, enquanto em solução concentrada, pelas características do meio, formou-se a película protetora. Após alguns minutos, o corpo de prova passivado foi imerso na solução diluída de ácido nítrico e somente após a película ser

^a Mestranda, Engenheira Química – UNICAMP/FEQ/DDPP

^b Professor Doutor, Engenheiro Químico – UNICAMP/FEQ/DDPP

consumida, ele também experimentou o processo corrosivo acelerado. Um total de 84 % dos alunos avaliou essa prática como boa ou ótima e 89 % consideraram a informação passada no experimento com boa ou excelente aplicabilidade na prática de trabalho do engenheiro.

Palavras-chave: passivação, película protetora, corrosão.

Introdução

A corrosão representa uma despesa real e constante para as indústrias. O meio corrosivo formado nestes ambientes é muito agressivo e o processo de deterioração dos materiais pode representar um risco à segurança de operação (Merçon *et al.* (1)). Assim, os profissionais que atuarão nestas áreas devem estar preparados para enfrentar desafios neste aspecto.

O primeiro passo a ser dado neste sentido é garantir uma formação sólida aos alunos. A matéria de corrosão abordada em grades de engenharia no país tem um tempo limitado, logo, é necessário que os conceitos sejam introduzidos de forma eficiente (Silva (2)).

Desta forma, a assimilação das teorias mais difíceis por meio da aplicação de experimentos é muito interessante, uma vez que quando se parte de uma informação que instiga o aluno, o processo de aprendizagem é mais motivador (Velloso *et al.* (3)). O aluno tem interesse e quer compreender cientificamente por qual motivo aquela ação ou fato acontece.

O conceito de passivação de metais é considerado uma teoria complexa e abstrata, geralmente transmitida pelos professores em aulas expositivas onde dificilmente se explora imagens ou esquemas. Isto dificulta a visualização do mecanismo pelo qual ela ocorre e o aluno acaba por subjugar o conceito como distante da sua realidade. Sob este contexto, este trabalho tem como objetivos propor uma prática experimental para elucidação deste tema com o auxílio de materiais simples e de fácil acesso. Além disso, fazer uma avaliação da eficácia do uso desta prática para demonstração do tema juntamente aos alunos.

Metodologia

A aula experimental e a pesquisa de opinião foram aplicadas para uma sala de 36 alunos com faixa etária de 20 a 27 anos cursando a matéria de Eletroquímica e Corrosão lecionada no 5º período do curso de Engenharia Química na Faculdade de Engenharia Química (FEQ) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Experimentos

O experimento foi composto por duas partes. A primeira consistiu na submersão completa de dois pregos cada um em um béquer com ácido nítrico concentrado e diluído. A segunda deu continuidade à primeira etapa ao submergir o prego anteriormente em ácido concentrado, agora em ácido diluído.

1ª Etapa – Com o auxílio de uma pipeta com capacidade de 20 mL, 100 mL de HNO₃ à 65 % em volume foi medido e transferido para um béquer com capacidade de 100 mL. Em um

segundo béquer de mesma capacidade, foi transferido 100 mL de uma solução de HNO₃ à 13% em volume.

Em seguida, os béqueres foram colocados lado a lado e dois pregos de aço idênticos com aproximadamente 10 cm de comprimento, utilizados como corpos de prova, foram totalmente submersos cada um em um dos sistemas, ao mesmo tempo. Os corpos de prova ficaram submersos por aproximadamente 10 min.

2ª Etapa – Após 10 min de repouso, com o auxílio de uma pinça, o corpo de prova que se encontrava em solução de HNO₃ diluído foi retirado do béquer, enquanto o corpo de prova que estava em solução concentrada foi transferido para o béquer com solução diluída. Manteve-se o sistema em repouso por aproximadamente 5 min. Em seguida, o sistema foi perturbado com o auxílio da pinça e foi observado por mais 10 min.

Pesquisa de opinião

Após o experimento, foi realizada uma pesquisa de opinião através de um questionário contendo 5 questões objetivas, cada uma com 5 alternativas. As questões e suas alternativas estão listadas abaixo:

- 1- De forma geral, como você avalia o experimento?
 - a) Péssimo
 - b) Ruim
 - c) Razoável
 - d) Bom
 - e) Ótimo

- 2- Qual sua opinião especificamente sobre o tema abordado no experimento?
 - a) Inadequado aos objetivos propostos.
 - b) Adequado, mas pontos importantes não foram abordados.
 - c) Adequado, mas alguns aspectos foram excessivamente detalhados.
 - d) Muito bom
 - e) Ótimo

- 3- Qual sua opinião sobre a forma como a aula com experimento foi dada?
 - a) Péssima
 - b) Ruim
 - c) Razoável
 - d) Boa
 - e) Ótima

- 4- A informação passada no experimento tem aplicabilidade na prática de trabalho?
 - a) Nenhuma aplicabilidade (não vai servir para nada para a realidade de trabalho).
 - b) Pouca aplicabilidade (poucos aspectos podem ser aproveitados para a realidade).
 - c) Aplicabilidade parcial (alguns aspectos podem ser aproveitados na realidade).
 - d) Boa aplicabilidade (vários aspectos podem ser aproveitados para a realidade).
 - e) Excelente aplicabilidade (será muito útil para a realidade de trabalho).

- 5- O tempo do experimento é suficiente para transmitir as informações necessárias?

- a) A carga horária é muito pequena.
- b) A carga horária deveria ser um pouco maior.
- c) A carga horária está adequada aos objetivos propostos.
- d) A carga horária poderia ser um pouco menor.
- e) A carga horária é excessiva.

Ao final do questionário, o aluno foi convidado a registrar suas críticas, sugestões e comentários sobre o experimento em um espaço em branco.

Resultados e discussão

O experimento se inicia ao submergir os corpos de prova nos béqueres contendo ácido nítrico concentrado e diluído. Instantaneamente o corpo de prova em contato com ácido diluído começa a sofrer um processo corrosivo visível, com liberação de bolhas e perda de massa para a solução. Ao mesmo tempo, o aço sob altas concentrações de HNO_3 encontra um ambiente favorável à formação de película protetora que reveste toda sua superfície e a mantém sob o mesmo aspecto. A Figura 1 ilustra esta diferença.



Figura 1- Corpos de prova sob condições diferentes.

A Figura 2 evidencia os efeitos da corrosão do aço em ácido diluído pela intensa liberação de bolhas de NO_2 (Gentil (4)).



Figura 2 – Intensa formação de bolhas durante o processo corrosivo do prego.

Segundo Gentil (4), o ácido nítrico concentrado promove a formação de uma película protetora aderente à superfície do aço que o protege da ação corrosiva do meio. A passivação se dá uma vez que o HNO_3 concentrado oxida superficialmente o ferro, formando uma película que confere ao metal características de passivação. Isto só é possível uma vez que o óxido formado apresenta potencial de eletrodo mais nobre que o ferro, protegendo o metal (Gentil, (4)). Como a camada de óxido é relativamente fina, o corpo de prova não tem suas características visuais alteradas.

Na segunda parte do experimento, o prego corroído pelo ácido diluído foi descartado sendo substituído pelo prego passivado. Pode-se observar inicialmente que não há indícios de corrosão, ou seja, a película protetora de óxido isola o metal do meio altamente corrosivo. Para acelerar o processo, foi feita uma perturbação no sistema e só a partir de então que a corrosão acelerada tem início. Desta maneira, o sistema que estava em equilíbrio, passa a apresentar as mesmas características do anterior, liberação de bolhas e desprendimento de matéria do corpo de prova.

Neste caso, a água que está em abundância no sistema, agora tem a capacidade de dissolver as camadas de óxido formadas, levando à corrosão do ferro. Neste ponto, é válido ressaltar que a única diferença entre os dois sistemas (béqueres) é a razão ácido/água.

Desta forma, a ideia do experimento foi facilitar a visualização do conceito de passivação pelos alunos, concretizando-o em uma realidade mais próxima a eles. Esta iniciativa foi

tomada, uma vez que, através do convívio com os alunos, foi percebido a dificuldade dos estudantes ao compreender o conceito e o contextualizar na rotina de trabalho do engenheiro químico.

Assim, após o experimento, a pesquisa de opinião foi realizada de acordo com a estrutura descrita em Metodologia. Os alunos não precisaram se identificar e o recolhimento das respostas foi feito em ordem aleatória.

De acordo com a Figura 3, 50 % dos alunos avaliaram o experimento de uma maneira geral como bom e 33 % o avaliaram como ótimo.

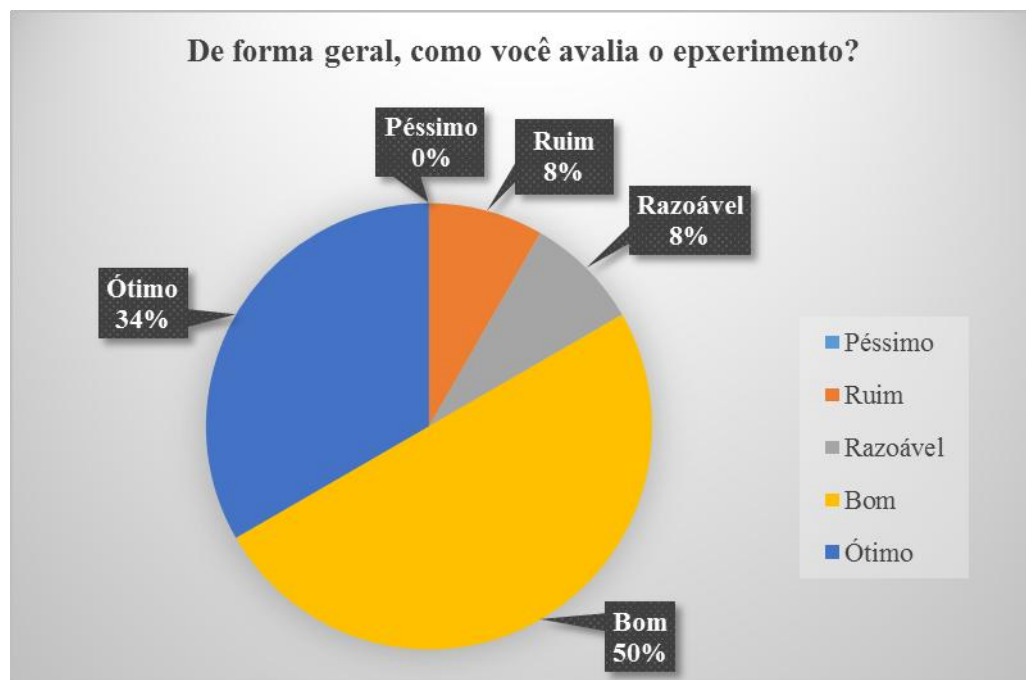


Figura 3 – Avaliação geral do experimento

A Figura 4 ilustra a resposta dos alunos sobre a forma como a aula com experimento foi ministrada. Como pode ser observado, 78 % dos alunos avaliaram como boa ou ótima, 19 % acharam razoável e 3 % acharam ruim. Nenhum aluno marcou a opção péssima.

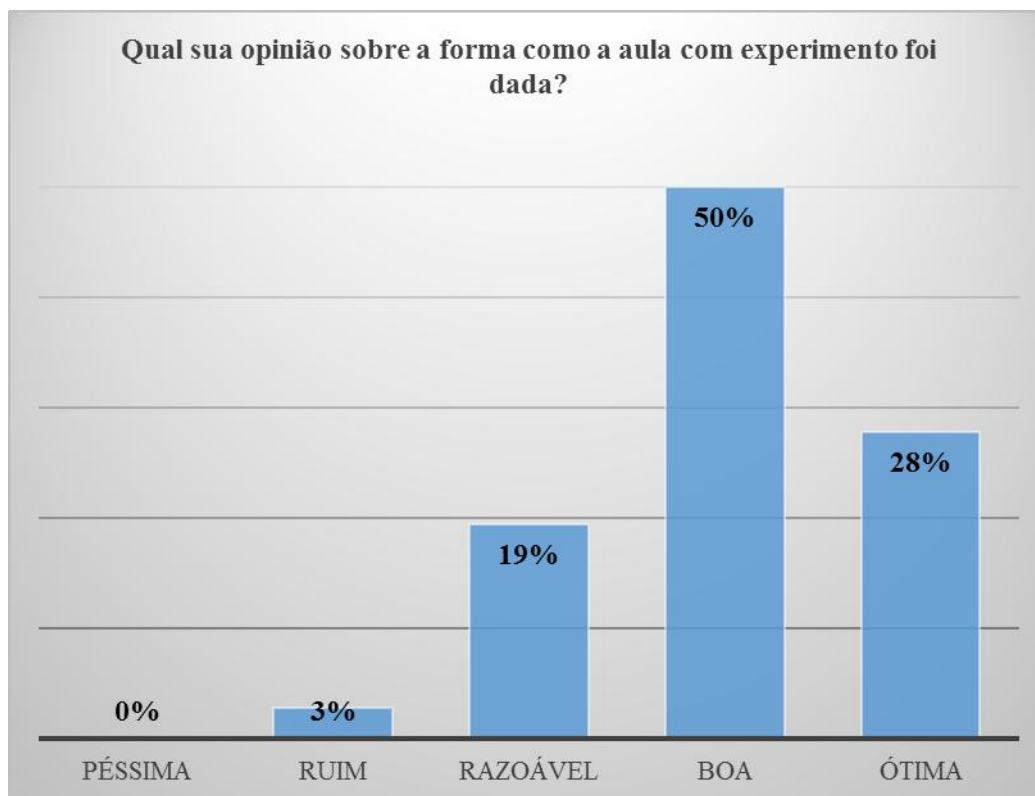


Figura 4 – Avaliação de como a aula experimental foi conduzida.

Através da seção de comentários, sugestões e críticas deixado em aberto ao final do questionário, foi observado que 3 estudantes registraram uma dificuldade na visualização do experimento. Isto pode ter acontecido uma vez que foi feita somente uma montagem experimental e o procedimento foi realizado enquanto a turma completa estava reunida no laboratório. Apesar dos esforços para que todos pudessem acompanhar, isto pode ter causado o descontentamento de alguns alunos. Observou-se também que estes estudantes que registraram a queixa, marcaram as opções ruim ou razoável quando perguntados sobre o experimento de forma geral (Figura 3) e também marcaram as opções ruim ou razoável sobre como a aula experimental foi conduzida (Figura 4).

Outros alunos gostariam de ter observado o efeito do tempo sobre os corpos de prova imersos em ácido diluído e concentrado na 1ª parte do experimento. Além de sugerirem que outros materiais deveriam ter sido testados. Isto pode ter sido o motivo de 14 % dos estudantes terem achado que a carga horária deveria ser um pouco maior quando questionados sobre o tempo do experimento na questão 5. A Figura 5 ilustra as opiniões dos alunos quanto a essa questão. É válido ressaltar que 69 % acredita que o tempo de experimento foi adequado.

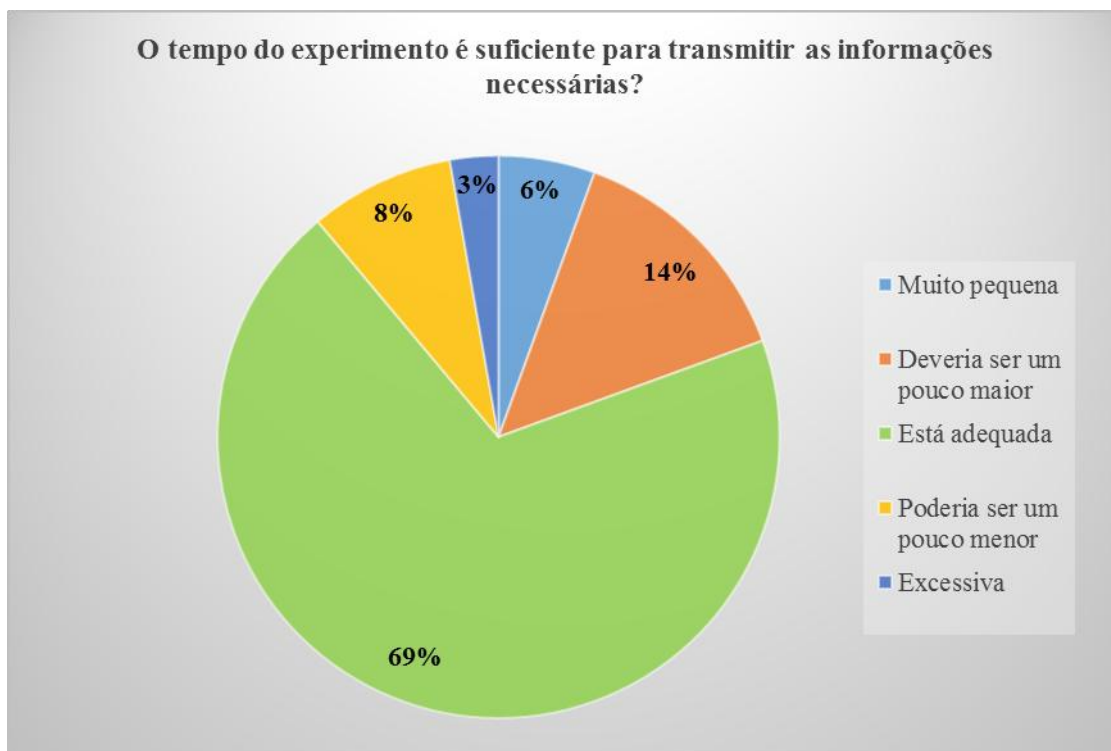


Figura 5 – Avaliação sobre o tempo do experimento.

Ainda, de acordo com a questão 2 sobre a avaliação do tema abordado no experimento, 92 % dos estudantes classificaram o tema como muito bom ou ótimo (Figura 6), enquanto 8 % o acharam adequado, porém pontos importantes não foram abordados ou foram excessivamente detalhados.

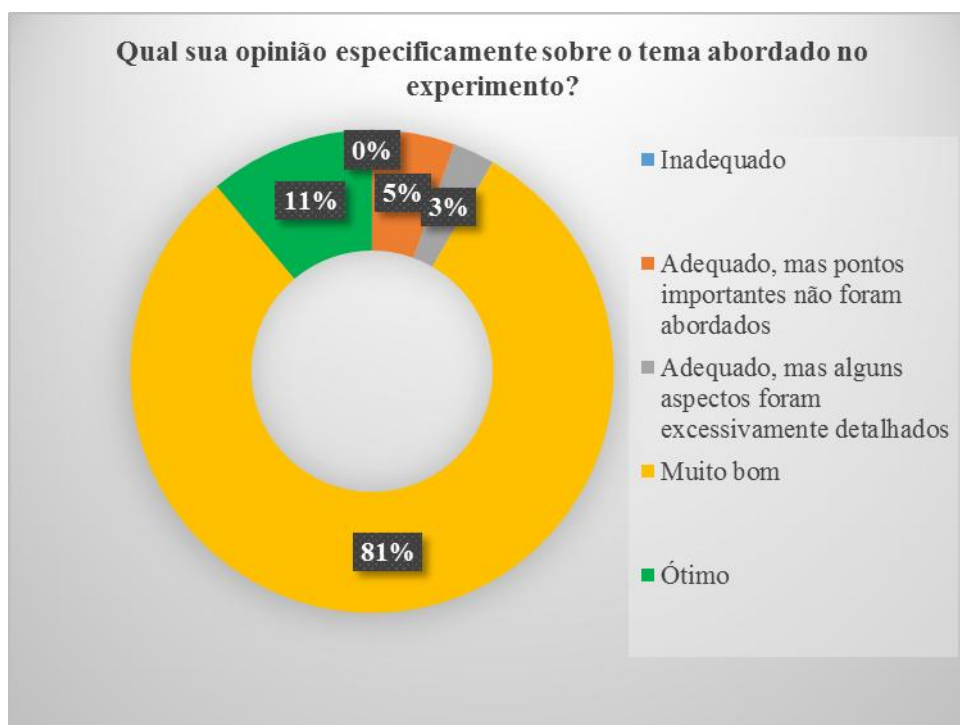


Figura 6 – Avaliação sobre o tema abordado no experimento.

Por fim, a Figura 7 ilustra a opinião dos estudantes ao serem questionados se o tema abordado no experimento tem aplicabilidade na prática de trabalho.

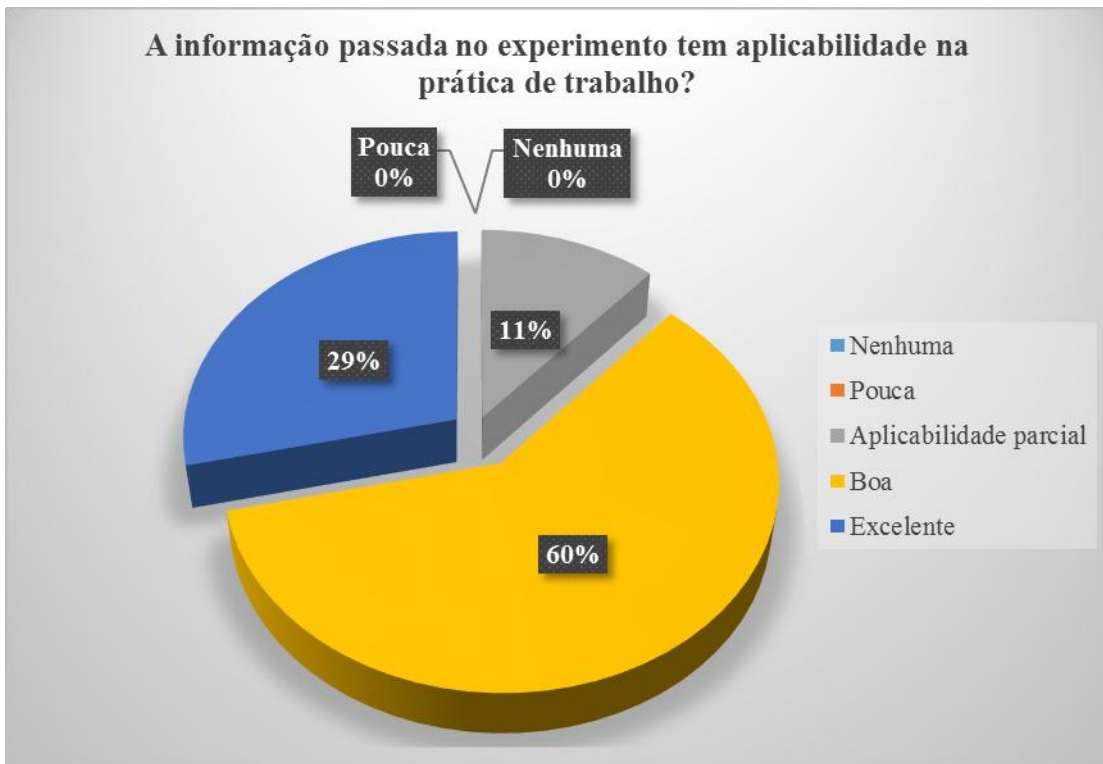


Figura 7 – Avaliação sobre a aplicabilidade do tema na prática de trabalho.

Como pode ser observado na Figura 7, 89 % dos estudantes acreditam que o tema passivação tem boa ou excelente aplicabilidade na rotina de trabalho de um engenheiro. Ou seja, através de um experimento relativamente simples, que exige poucos materiais, é possível modificar a perspectiva que os estudantes têm de um tema e como ele pode ser utilizado para resolução de problemas na indústria.

É válido ressaltar que o experimento realizado tem boa reprodutibilidade, uma vez que o mesmo foi repetido durante 4 semestres consecutivos apresentando os mesmos resultados, com as mesmas características (imediate liberação de bolhas e perda de massa ao submergir o prego em ácido diluído, formação da película do prego em ácido concentrado etc) que facilitam a compreensão do experimento.

Conclusões

Acredita-se que a prática foi bem aceita pelos estudantes, os quais registraram comentários positivos em relação ao procedimento, além de que muitos deles sugeriram que outros experimentos para elucidação de outros temas deveriam ser incluídos na grade do curso de corrosão.

Todavia, apesar da visualização e do entendimento da formação da película protetora, foi observado através dos exames aplicados durante a matéria que o conceito de maior

dificuldade de absorção foi o motivo pelo qual a película de óxido não se dissolve em ácido nítrico concentrado. O comprometimento da água com a quantidade excessiva de ácido em solução é o fator decisivo pelo qual isso ocorre. Assim, uma sugestão é enfatizar esse conceito com os alunos lembrando outros como o fenômeno da solvatação.

A questão 4 do questionário, sobre a aplicabilidade do conceito na prática de trabalho, foi entendida como a de maior peso nos objetivos do experimento. De acordo com o resultado apurado, 89 % dos alunos consideraram boa ou excelente aplicabilidade, ou seja, 31 alunos do total de 36 acreditam que vários aspectos podem ser aproveitados para a realidade.

Referências bibliográficas

- (1) MERÇON, F., GUIMARÃES, P. I. C., MAINER, F. B. Corrosão: Um exemplo usual de fenômeno químico. **Química Nova na Escola**, n. 19, p. 11-14, Maio 2004.
- (2) SILVA, C. B. **Estudo de casos: Um ensino contextualizado sobre corrosão**. 41 p. Trabalho de Conclusão – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- (3) VELLOSO, A. M. S., SÁ, L. P., MOTHEO, A. J., QUEIROZ, S. L. Casos investigativos no ensino de “corrosão”: percepções dos alunos sobre a estratégia de ensino. In: 32ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 2009, Fortaleza: Sociedade Brasileira de Química, 2009.
- (4) GENTIL, V. Corrosão. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007, 356 p.