

## EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO EM ENGENHARIA DE PETRÓLEO: A IMPORTÂNCIA DAS ATIVIDADES PRÁTICAS EM LABORATÓRIO PARA A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO

**Babatoundé Donald Akpo** – [bdonald@id.uff.br](mailto:bdonald@id.uff.br)  
**Caio Hans Rodrigues da Matta** – [hanscaio@id.uff.br](mailto:hanscaio@id.uff.br)  
**Geraldo de Souza Ferreira** – [geraldoferreira@id.uff.br](mailto:geraldoferreira@id.uff.br)  
**Rogério Fernandes Lacerda** – [lacerda@vm.uff.br](mailto:lacerda@vm.uff.br)  
**Thalys Gean Maciel Martins** – [tgean@id.uff.br](mailto:tgean@id.uff.br)

Grupo PetroPET ([www.petropet.uff.br](http://www.petropet.uff.br)), Programa de Educação Tutorial em Engenharia de Petróleo, Prograd – Pró-Reitoria de Graduação, Divisão de Programas Especiais Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, TEQ - Departamento de Engenharia Química e de Petróleo, Rua Passo da Pátria, 156 - Bloco D - Sala 264, 21.210-240 – Niterói – RJ

**Resumo:** *Este artigo tem por finalidade apresentar as principais funcionalidades das atividades práticas associadas à disciplina Laboratório em Engenharia de Petróleo da Escola de Engenharia da UFF - Universidade Federal Fluminense e ressaltar a sua contribuição para a formação do Engenheiro de Petróleo. O trabalho apresenta e define conceitos importantes para a formação do engenheiro, relacionando-os, mostrando sua apreensão e compreensão a partir do uso de equipamentos e sua aplicação em aulas práticas. Para exemplificar a aproximação com a prática profissional, o artigo apresenta um experimento associado a um projeto de reprodução e simulação de formação de incrustação em tubulações na indústria do petróleo. Também são destacados os principais ganhos com a relação ao aprendizado, em função da articulação entre teoria e prática na formação do engenheiro, pontuando-se a importância da disciplina para se consolidar o elo entre engenharia e tecnologia; criatividade e inovação, que são essenciais para a atuação profissional e formação do Engenheiro de Petróleo.*

**Palavras-chaves:** *Laboratório. Formação profissional. Educação em Engenharia. Petróleo.*

### 1. INTRODUÇÃO

Os avanços no campo da ciência neste século fizeram com o que mercado de trabalho ficasse cada vez mais seletivo, ou seja, hoje além do conhecimento intelectual, espera-se que o profissional já esteja habituado com a aplicação na prática dos conceitos aprendidos durante a graduação. Para que esse estudante chegue devidamente preparado a esse mercado competitivo, é necessário que a universidade promova a integração de aulas laboratoriais junto com as demais disciplinas.

Entretanto, uma das principais queixas dos estudantes de engenharia é a dificuldade de aplicar o conteúdo ensinado durante a graduação em projetos e demais atividades. Isto ocorre

principalmente em decorrência da falta de alguns mecanismos que propiciem a esse estudante uma maior aplicação do conhecimento teórico na prática, durante a graduação. É importante ressaltar que as conexões pedagógicas entre teoria e prática são dependentes, pois, analisando toda a base metodológica da disseminação do conhecimento, o aprendizado prático em sala de aula está sempre ligado a um conceito teórico.

Segundo o dicionário Aurélio (2008), engenharia é a “arte de aplicar conhecimentos científicos e empíricos e certas habilitações específicas à criação de estruturas, dispositivos e processos que se utilizam para converter recursos naturais em formas adequadas ao atendimento das necessidades humanas” e tecnologia é o “conjunto de conhecimentos, especialmente princípios científicos, que se aplicam a um determinado ramo de atividade”. Então, quando se aborda o ensino em engenharia, a questão do conhecimento intelectual e a tecnologia são chaves para o sucesso profissional.

A proposta de conciliar aulas teóricas juntamente com aulas práticas é, portanto, um aspecto primordial para preparar o aluno para o mercado de trabalho. Neste sentido, destaca-se a importância da utilização das práticas laboratoriais no curso de Engenharia de Petróleo, para que se proporcione aos alunos uma visão diferenciada e sistêmica acerca dos conceitos e práticas analíticas que norteiam o bom profissional, de modo a se ampliar a sua capacidade de realizar diagnósticos, fortalecer a compreensão dos fenômenos físicos e desafios práticos ao longo da carreira profissional.

O enfoque deste artigo será a caracterização da importância do uso de laboratórios no ensino da Graduação em Engenharia, visto que um diferencial importante na formação do engenheiro é o conhecimento científico atrelado ao conhecimento em tecnologia. Na presente oportunidade, será abordada a questão do uso dos laboratórios e de suas práticas como ferramentas de ensino no curso de Engenharia de Petróleo da Universidade Federal Fluminense (UFF), no âmbito da disciplina Laboratório em Engenharia de Petróleo, sendo destacados os principais fatores de colaboração para a formação acadêmica do Engenheiro de Petróleo, tendo como referência exemplos da área de atuação do mesmo.

## 2. A DISCIPLINA LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO E SUA FINALIDADE

As diretrizes gerais para os cursos de Engenharia, estabelecidas pela Resolução CNE/CES 04/2019 (MEC, 2019), definem que os cursos de Graduação nesta área devem ser pautados pela busca de uma formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, procurando capacitar o engenheiro a desenvolver a versatilidade de se adaptar a novas tecnologias, mecanismos e ecossistemas, com aquisição de competências para o diagnóstico e resolução de problemas, apoiado nos pilares: econômicos, sociais, ambientais, políticos e culturais, de modo a atender às novas demandas da sociedade.

Nesse contexto ressalta-se a importância da disciplina de Laboratório em Engenharia de Petróleo da UFF. Esta é obrigatória, e tem como objetivo disponibilizar aos alunos as aplicações práticas dos principais conceitos que são abordados no curso, assim como mostrar as principais técnicas para a determinação e medição da propriedade das rochas, fluidos e sistemas de escoamento.

Esta disciplina é estruturada conforme o Projeto Político-Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia de Petróleo (FERREIRA, 2013) e segue a Proposta Curricular para os Cursos de Engenharia de Petróleo, elaborada por uma comissão da SPE - *Society of Petroleum Engineers*- Seção Brasil (SHECAIRA, 2017), no sentido que as disciplinas dos cursos sejam distribuídas de forma a propiciar ao aluno a oportunidade de estar aplicando, em

atividades práticas, os novos conceitos teóricos da área em um menor intervalo de tempo possível.

A ementa da disciplina envolve ensaios laboratoriais, práticas e cálculos que possibilitam i. a identificação e a caracterização de propriedades de rochas, como porosidade e granulometria, a partir de amostras como testemunhos e plugues; ii. os estudos de interação rocha-fluido, envolvendo conteúdo de fluido em rochas porosas; pressão capilar, saturação de fluidos; permeabilidade; iii. a determinação de propriedades dos fluidos: massa específica, densidade, densidade API, viscosidade, pressão de vapor, pH, teor de sais, teor de sólidos, iv. o conhecimento de sistemas de escoamento: regime laminar e turbulento; perda de carga em tubulação; medição de vazão, empuxo, pressão hidrostática. Ensaios laboratoriais e cálculos.

Durante a disciplina são realizados 10 experimentos que buscam demonstrar e aprofundar um conceito já apresentado ao aluno em um experimento anterior. O aluno é apresentado a diferentes equipamentos, tipos de rochas e objetos da indústria do petróleo (brocas, testemunhos e amostras). As práticas de laboratório também colaboram para que o aluno reforce e revise o aprendizado adquirido em sala de aula em outras disciplinas.

Um fator importante a se destacar é a contribuição que as aulas de laboratório fornecem para o desenvolvimento do senso crítico, capacidade de análise e compreensão de dados, e para a organização dos mesmos, de modo claro, objetivo e fundamentado na teoria, em função de ser necessária a confecção de relatórios após cada prática em aula.

Ao final da disciplina o aluno deve apresentar um projeto final vinculado à área de atuação no mercado do engenheiro de petróleo. O tema desse projeto final é necessariamente relacionado a uma tecnologia inovadora na indústria de petróleo, sendo de grande importância o domínio do aluno no respectivo conceito para as disciplinas obrigatórias seguintes do curso.

### **3. O USO DA DISCIPLINA DE LABORATÓRIO NA CONCEPÇÃO E FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO DE PETRÓLEO**

Durante a graduação é necessário que o aluno de engenharia seja exposto a situações onde haja possibilidades de usar ferramentas tecnológicas básicas, para aproximá-lo da vida real, em consonância com o pensamento de Valente (1993) quando expressou que “as tecnologias educativas são ferramentas que estão disponíveis e, quando bem utilizadas, produzem transformações significativas no processo de ensino e aprendizagem”. Assim podemos observar que a inserção de tecnologias pelas universidades favorece o aprendizado do aluno, pois é ferramenta didática que auxilia na disseminação do conhecimento.

As aulas de laboratório atendem a essa condição e permitem que o aluno adquira competências essenciais para um engenheiro, como iniciativa, organização, liderança e comprometimento. Nesse sentido, no âmbito da disciplina Laboratório de Engenharia de Petróleo criam-se possibilidades para que o aluno assimile os conceitos fundamentais das áreas de conteúdo do curso, como Geologia, Química do Petróleo, Escoamentos, Tecnologias Avançadas de Recuperação e diversas propriedades dos fluidos, e consiga efetuar as vinculações necessárias entre tais áreas para consolidar a sua formação.

Além de aproximar o estudante do conhecimento científico e tecnológico, as atividades despertam no aluno a criatividade e a capacidade de desenvolver diferentes aplicações, como também auxiliá-lo a ter contato e conhecer situações problemas do mercado de trabalho. Essa condição faz com que uma das características de aprendizado na disciplina de Laboratório em Engenharia de Petróleo seja incentivo para o aluno pense “fora da caixa”, buscando a interação entre engenharia, inovação e criatividade.

No próximo tópico, será apresentado um projeto final desenvolvido no âmbito da disciplina para exemplificar a antecipação das vivências que o aluno egresso encontrará como engenheiro. Uma condição determinada para a solução do projeto é a busca de eficiência, baixo custo, otimização de processos (inovação) e o aprimoramento de produtos, atitudes vinculadas ao processo criativo. E essa criatividade se consolida e se estimula lado a lado com o desenvolvimento tecnológico, relacionado às práticas laboratoriais, pois o enfoque adotado para as aulas práticas é “reproduzir e simular” práticas da área.

#### **4. PROJETO "REPRODUÇÃO E SIMULAÇÃO DE FORMAÇÃO DE INCRUSTAÇÃO EM TUBULAÇÕES" - UM EXEMPLO DE APROXIMAÇÃO COM A PRÁTICA PROFISSIONAL**

Na etapa final da disciplina, os alunos elaboram um projeto sobre um tema ou fundamento novo e relevante para a indústria de petróleo e que possibilite a aplicação de conceitos teóricos na prática laboratorial. Para ilustrar essa atividade será apresentado um experimento “Incrustações inorgânicas em tubos de aço”, que reproduz e simula as condições do mundo real nos sistemas de produção de petróleo.

##### **4.1 - Objetivo**

Um dos propósitos do Projeto Final é que os alunos desenvolvam a capacidade de observação, verificação, compreensão e resolução de problemas recorrentes no setor de óleo e gás. Como parte integrante do aprendizado, deseja-se que o aluno melhore sua habilidade em expor, de forma clara, objetiva e precisa o trabalho realizado nas experiências por meio da elaboração do procedimento experimental e sua reprodução.

Além disso, busca-se fomentar no aluno o interesse de contribuir para o futuro da disciplina, com a incorporação de novas práticas, pois, durante a realização do projeto, existe a construção mecanismos didáticos para que o experimento realizado possa ser incorporado nos períodos seguintes. O projeto final além de aproximar o aluno ao seu âmbito de trabalho, desenvolve uma melhoria para a disciplina, fazendo com o que a mesma se renove continuamente e esteja em consonância com a realidade da indústria.

##### **4.2 - Seleção Temática de Estudo**

A principal importância da concepção e elaboração do projeto final é exigir do aluno a aplicação dos principais conceitos e conhecimentos científicos adquiridos durante a realização da disciplina. O projeto final é um momento importante e permite que o aluno explore a sua capacidade de criatividade e de inovação para compreender e construir a situação problema, aprimorando a tomada de decisão diante de algum resultado inesperado.

Assim, escolheu-se a temática “Incrustações inorgânicas em tubos de aço” para que fosse desenvolvido a prática experimental. Esse conteúdo apresenta grande relevância para o estudante de Engenharia de Petróleo pois, devido à descoberta de grandes reservatórios no Pré-Sal, no litoral dos estados do Rio de Janeiro e de São Paulo, e, com o desenvolvimento e produção desses, o tema incrustações ganha importância, pois trata-se de uma problemática que tange a garantia de escoamento para a produção, risco de acidentes e redução da produção.

### 4.3 - Fundamentação Teórica

Nos sistemas de produção de petróleo, existem poços que são produtores de petróleo e também poços injetores, que fazem injeção de água do mar nos reservatórios. Essa injeção é importante para facilitar o fluxo de petróleo em direção aos poços produtores, aumentando a quantidade de petróleo retirado das rochas. O petróleo ocorre nos reservatórios associado a gás e também à chamada água de formação, que é a água naturalmente encontrada nos reservatórios. Assim, durante a produção de petróleo, ocorre mistura da água do mar injetada com a água de formação.

Um aspecto relevante é que estas duas águas possuem composições químicas muito distintas e, ao serem misturadas, motivam a formação de sais inorgânicos insolúveis ou de baixa solubilidade que são precipitados e se acumulam em depósitos no interior das tubulações dos sistemas produtores. A formação destes depósitos inorgânicos piora as condições de escoamentos dos fluidos nas tubulações. Esses depósitos são denominados incrustações e podem limitar ou bloquear a produção de óleo (ARAY; DUARTE, 2010).

É necessário que se tenha compreensão sobre os problemas relacionados à deposição de sais inorgânicos, pois os mesmos, além de causarem elevados prejuízos à produção, demandam a realização de operações complexas, imprescindíveis para limpeza e desobstrução dos equipamentos (SANTANA; MANZELA, 2016).

Além da mistura de águas com composições químicas distintas, a incidência de incrustações nos sistemas produtores de petróleo se deve às alterações das condições físicas no reservatório de petróleo e no sistema de produção, como mudanças na temperatura e pressão durante o escoamento de fluidos e as alterações no equilíbrio químico, com aumento de pH através da perda de gás carbônico - CO<sub>2</sub>.

### 4.4 - Metodologia

Para reproduzir e simular a produção de incrustações em sistemas produtores foi construído um experimento, cuja metodologia foi dividida em quatro etapas: i. coleta de água do mar, ii. síntese de água de formação, iii. montagem do sistema de circulação e iv. circulação das diferentes misturas no sistema.

#### Primeira Etapa: Coleta de água do mar

Nesta etapa foram coletados 10 litros de água do mar, para que se pudesse utilizá-la em todos os experimentos. Esse volume de água foi coletado na praia de Camboinhas, em Niterói-RJ, a cerca de 10 metros da praia, a fim de se obter uma composição mais representativa da água do alto mar.

#### Segunda etapa: Síntese de água de formação

Com base na composição de água de formação descrita por Gudmundsson (2017), foi feita uma relação iônica entre os diferentes compostos à disposição, contendo os íons necessários, chegando-se à constituição para um litro de água de formação sintetizada, conforme mostrado na Tabela 1.

A figura 2 apresenta uma situação em que a mistura está colocada em um banho térmico a 60°C. A razão desse procedimento foi aumentar a solubilização dos solutos que constituem a

solução de água de formação, pois foi percebido que a temperatura ambiente, não era possível solubilizar todos os sais.

Tabela 1: Composição de sais para síntese da água de formação

SAIS	Massa (g)	MM	M Na	M Ba	M Sr	M Ca	MMg	M Cl	M HCO <sub>3</sub>
NaCl	42,30	58,5	14,84	-	-	-	-	27,46	-
NaHCO <sub>3</sub>	1,14	84,01	0,31	-	-	-	-	-	0,83
Ba(O <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,82	261,34	-	0,43	-	-	-	-	-
SrCl <sub>2</sub>	0,61	266,62	-	-	0,2	-	-	0,41	-
CaCl <sub>2</sub>	2,65	147,02	-	-	-	0,72	-	1,93	-
MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	1,00	203,3	-	-	-	-	0,12	0,88	-
Total	48,50	15,15	-	-	-	-	-	30,68	-

Legenda: MM - Massa molecular, M – Massa do elemento

Fonte: elaboração própria.

Figura 2: Água de formação em banho térmico a 60°C.



Fonte: acervo próprio.

### Terceira etapa: Montagem do sistema de circulação

Para simular o movimento da água no poço de produção e nas tubulações, foi montado um sistema com linhas de produção constituídas por mangueiras de plástico transparentes. Um tubo de aço inoxidável foi inserido em uma mangueira de plástico e foi acoplado ao sistema. Este tubo de aço inoxidável, representa a tubulação durante a produção do petróleo.

Neste sistema, como ilustrado na figura 3, há um circuito bomba-erlenmeyer conectado por mangueiras. A água sai do erlenmeyer, passa pela bomba, atravessa a mangueira com o tubo de aço e volta para o erlenmeyer.

Figura 3: Sistema de circulação da solução com passagem pela seção de aço inox, posicionada na parte frontal do experimento.



Fonte: acervo próprio.

#### Quarta etapa: Circulação das diferentes misturas no sistema

A fim de estudar a formação de incrustações inorgânicas e avaliar o surgimento de sais precipitados, distintas soluções e misturas foram circuladas no sistema montado, com três valores de temperatura diferentes, de modo a simular de forma a mais próxima possível do real, as variações de temperatura, do poço de petróleo até à superfície.

Em uma primeira fase de experimentos, foram realizadas circulação de 2 litros água do mar em temperaturas de 80°C (um valor plausível para temperatura no interior do poço de petróleo), 25°C (a temperatura ambiente) e a 10°C (valor para a temperatura no fundo do mar), por um intervalo de tempo de 5 (cinco) horas para cada valor de temperatura. Posteriormente, foi circulada água bidestilada para limpeza do circuito.

Depois desse procedimento, os três experimentos foram repetidos nas mesmas condições, usando água de formação.

Na terceira fase de experimentos, após a limpeza, foi circulada pelo sistema uma mistura de 2 litros de águas, sendo 1 litro de água de formação e 1 litro de água do mar. Foram respeitadas as mesmas condições de temperatura anteriormente citadas, e também o tempo de 5 horas para cada valor de temperatura.

O Quadro 1, a seguir sumariza todo o experimento. A vazão média usada no experimento foi de 13,16cm<sup>3</sup>/s.

Quadro1: Experimentos de precipitação usando águas com composições distintas

Água do mar	80°C	25°C	10°C
Água de formação	80°C	25°C	10°C
Mistura de águas	80°C	25°C	10°C

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização do experimento, na análise de resultados verificou-se que somente a circulação, à temperatura de 10°C, da solução contendo, em iguais quantidades, água de

formação e água do mar gerou precipitados e incrustação de material inorgânico na superfície do tubo de aço inoxidável. Estes precipitados podem ser observados na figura 5 a seguir. A massa do tubo de aço foi medida antes e depois do experimento. A diferença entre os dois valores mostrou que uma massa de 0,197g de material precipitado que causaria incrustação.

A metodologia utilizada no laboratório propicia ao aluno o entendimento e compreensão da dinâmica na qual se ocorre a problemática abordada no projeto final da disciplina.

Figura 5: Fotografia da seção do tubo de aço inoxidável



Fonte: acervo próprio.

Além disso, o projeto propicia uma aproximação do aluno às condições encontradas no ambiente de mercado de trabalho, colaborando para o desenvolvimento de habilidades essenciais para o engenheiro como: liderança, oratória (devido à necessidade de defesa e apresentação das ideias de forma clara e objetiva) e senso crítico do aluno.

## 6. CONCLUSÃO

A partir das informações destacadas acima e dos argumentos elaborados neste artigo, conclui-se que, para garantir a formação de Engenheiros de Petróleo, que atendam de forma exitosa aos crescentes desafios da indústria do petróleo, as universidades têm que proporcionar aos estudantes oportunidades para que eles desenvolvam competências que vão além das competências técnicas. É de fundamental importância a prática de atividades em laboratório para a formação do Engenheiro de Petróleo, desde as mais simples atividades até mesmo as mais complexas relacionadas a pesquisas, de modo a consolidar e lapidar a mais preciosa das ferramentas de um engenheiro: seu conhecimento.

Neste contexto, conclui-se também que é fundamental a contínua atualização dos equipamentos e recursos de laboratório, de modo a garantir um melhor aproveitamento das práticas laboratoriais e, assim, consolidar os conhecimentos adquiridos na disciplina, que possibilita a formação de profissionais mais preparados para atender a um mercado cada vez mais exigente, complexo e dinâmico.

## REFERÊNCIAS

ARAY, A.; DUARTE, L. R. **Estudo da formação de incrustações Carbonáticas**. 2010. Projeto de Graduação - UFRJ, Escola Politécnica, Curso de Engenharia de Petróleo, 2010.

FERREIRA, A. B. H. **Dicionário da língua portuguesa**. Curitiba: Positivo, 2008. 544 p.

FERREIRA, G. S. **Projeto Político-Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia de Petróleo**. Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2013.

MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO E CULTURA (MEC). **Resolução CNE/CES 04/2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Diário Oficial da União, Brasília, 23 de abril de 2019.

GUDMUNDSSON, J. S. **Flow Assurance Solids in Oil and Gas Production**. London, UK: CRC Press/Balkema, 2017.

SANTANA, C. J.; MANZELA, A. A. "Incrustações Inorgânicas em Campos do Pré-Sal". **Revista de Engenharia da Faculdade Salesiana** n 4, 2016. p. 22-31.

SHECAIRA, F. *et al.* **Proposta Curricular para os Cursos de Bacharelado em Engenharia de Petróleo**. 1ª ed. Rio de Janeiro: SPE (Society of Petroleum Engineering) Seção Brasil, 2013.

VALENTE, J. A. **Computadores e conhecimentos: repensando a educação**. Campinas: Editora UNICAMP, 1993.

## **EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO EM ENGENHARIA DE PETRÓLEO: A IMPORTÂNCIA DAS ATIVIDADES PRÁTICAS EM LABORATÓRIO PARA A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO**

**Abstract:** This article aims to present the main functionalities of the practical activities associated with the discipline Laboratory in Petroleum Engineering of the Engineering School of UFF - Federal Fluminense University and to highlight its contribution to the formation of the Petroleum Engineer. The work presents and defines important concepts for the technical formation of the engineer, relating them, showing their apprehension and understanding from the use of equipment and its application in practical classes. To exemplify the tightening of the professional practice, this article presents an associated experiment related to a project of simulation and reproduction of inlay generation in pipes in the oil industry. The main knowledge gains are also highlighted, due to the application of these theoretical concepts in the training practice of the engineer, emphasizing the importance of the discipline to consolidate the link between engineering and technology; creativity and innovation, which are essential for the professional performance and training of the petroleum engineer.

**Key-words:** Laboratory. Professional qualification. Education in Engineering. Petroleum.