

## PLANO DE TRABALHO – CIP – EQ/CT

FONTE: ESCOLA DE QUÍMICA

### 1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

#### Título do Projeto

Escola de Química/UFRJ - Formação de profissionais contextualizados com os avanços tecnológicos e integrados ao ambiente e à sociedade

Período de execução: 36 meses

#### 1.1 Valor do Projeto

R\$ 951.783,21

### 2. DO OBJETO A SER EXECUTADO

As grades curriculares dos cursos de graduação da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro estão sendo atualizadas visando um novo perfil do profissional formado na EQ e fomentar as metodologias ativas de ensino aprendizagem. Para atender aos objetivos dessas novas unidades curriculares, a EQ está implementando a modernização das atividades de ensino experimental. Para isso são necessárias formulações de novos experimentos de forma a atualizar os conceitos práticos a nova realidade industrial. Assim, este projeto de desenvolvimento institucional tem como objeto a adaptação dos laboratórios de ensino da Escola de Química para inserção das novas práticas experimentais que serão desenvolvidas no âmbito desta proposta, bem como a reformulação e modernização de práticas já existentes, visando assim a formação de um profissional mais integrado às modificações inerentes ao mercado atual.

Pretende-se ainda desenvolver uma plataforma de monitoração e aquisição de dados dos processos desenvolvidos, permitindo o desenvolvimento de práticas experimentais sistemáticas, associadas às disciplinas de laboratório da Escola de Química. Com isso, visa-se a difusão de conceitos experimentais de tratamento de dados e de estatística avançada, usuais em ambientes industriais modernos.

### 3. DESCRIÇÃO DO PROJETO

Como parte integrante a proposta de novos currículos nos cursos de graduação da Escola de Química, este projeto prevê a adequação dos laboratórios experimentais de ensino visando propiciar um ambiente favorável ao desenvolvimento das habilidades do corpo discente da EQ, a formação de um profissional mais atualizado e compatível com as necessidades atuais do mercado, bem como fornecer ferramentas para que os estudantes possam acompanhar as atividades planejadas. O novo processo de ensino-aprendizagem no âmbito das aulas experimentais da EQ visa unir a teoria e a prática a fim de desenvolver todas as competências e características necessárias ao futuro profissional.

As práticas desenvolvidas nestes laboratórios terão como objetivo apresentar diferentes mecanismos para simplificar a aprendizagem e o ensino de processos laboratoriais dos cursos da EQ, com fundamentos para as áreas relevantes para a formação dos estudantes, tais como processos químicos, operações unitárias, cinética das reações químicas, processos biológicos e controle de processos.

No Laboratório de Engenharia Química (LADEQ) será realizada a adaptação das estruturas físicas de forma a tornar o espaço com maiores condições de segurança para as diversas atividades experimentais desenvolvidas no local. Além disso, prevê-se o desenvolvimento novos sistemas

**experimentais, adequação de equipamentos e aquisição de produtos para modernização das práticas do laboratório de engenharia química para atender ao novo perfil do profissional formado na Escola de Química.** A seguir a descrição dos itens previstos para adequação do LADEQ e das práticas experimentais lá desenvolvidas:

- Adequação dos trocadores de calor existentes e aquisição de mini trocadores para avaliar os fenômenos de transferência de calor no processo de pasteurização, largamente usado na indústria de alimentos;
- Manutenção da caldeira utilizada nos experimentos de LADEQ;
- Desenvolvimento de um sistema protótipo para especificação de bombas;
- Revitalização do sistema de equilíbrio líquido-vapor binário;
- Adaptação de sistema para avaliação cinética de reatores;
- Desenvolvimento de sistema de aquisição de dados em tempo real para os novos sistemas experimentais;
- Adaptações para modernização dos laboratórios e das práticas experimentais, tais como: adequação de bancadas e parte elétrica, instalação de rampas de acesso, atualização de hidrantes, adequação da casa de gases e do piso da planta piloto). Adaptações para equipamentos de combate a incêndio. Instalação para linhas de gases especiais. Confecção de artefatos de vidro para desenvolvimento de novas práticas experimentais.

O laboratório de ensino do Departamento de Processos Orgânicos (DPO) atende uma série de alunos em disciplinas do departamento com destaque a disciplina de Tecnologia Orgânica Experimental, que tem o formato de um projeto integrador que busca sedimentar e mostrar as interações dos conceitos abordados na formação dos alunos. Assim, requer melhorias em alguns sistemas de operação que viabilizem novas experiências nas disciplinas teóricas/práticas e práticas, além de contribuir para atividades de extensão.

**De forma a compor a rotina de práticas realizadas na disciplina de Tecnologia Orgânica Experimental, este projeto tem como objetivos específicos desenvolvimento de dois sistemas de apoio para as atividades de ensino realizadas neste laboratório: Sistema de Destilação Automático para Recuperação de Solventes e Sistema de Recirculação de Água para Destilador e Condensadores em Sistema Fechado.** Ambos os sistemas experimentais serão desenvolvidos na Escola de Química.

A implantação do sistema de destilação semiautomático com controle aberto tem por finalidade de possibilitar aos alunos um contato maior com este tipo de equipamento bastante utilizado pelas indústrias químicas a fim de que eles possam assim ter um conhecimento mais aprofundado da técnica das possibilidades de controle de processos, além de minimizar o descarte de resíduos orgânicos com a recuperação de solventes para sua posterior utilização.

**As duas disciplinas experimentais que são ministradas no laboratório de Processos Inorgânicos Experimentais, EQI472- Processos Inorgânicos Experimentais e EQI 473- Eletroquímica aplicada, serão atualizadas com a inclusão de novas práticas e reformulação de algumas atuais, conforme relação a seguir:**

- Desenvolvimento de prática de reaproveitamento dos resíduos gerados tanto no processo de fabricação industrial do gesso, como na prática já realizada no laboratório. Como objetivo principal essa nova prática visa analisar a influência da incorporação do resíduo no controle de qualidade de diversos produtos cerâmicos por meio da análise dos parâmetros físico (porosidade e tensão de ruptura à flexão);
- Modernização das práticas de tratamento de águas e efluentes com inclusão de sistema automatizado para estudo do processo de coagulação/floculação;
- Modernização das práticas de corrosão com a inserção de outros materiais e metodologias analíticas.

O laboratório de Engenharia Bioquímica da EQ destina-se a realização das aulas práticas dos cursos de Engenharia Química, Engenharia de Alimentos e Engenharia de Bioprocessos. Visando melhorar e ampliar a formação dos alunos destes cursos, há necessidade de recuperar a infraestrutura do setor de Engenharia Bioquímica e modernizar as práticas adotadas nas disciplinas. Nesse sentido estão previstas nesta proposta para a modernização novas práticas experimentais:

- Reformulação da prática para determinação do coeficiente volumétrico de oxigênio  $K_L a$  através do método indireto da degaseificação.
- Adaptação do sistema de filtração do ar para medição de parâmetros de forma a determinar eficiência do sistema de esterilização

Com a reforma curricular do curso de Engenharia de Bioprocessos outras disciplinas experimentais foram incluídas, obrigatórias e eletivas, incluindo uma que trabalha com células microbianas imobilizadas. Diante disso, este projeto prevê o desenvolvimento de experimentos laboratoriais para o ensino dessas disciplinas. **Nessas práticas prevê-se o desenvolvimento de sistemas para a imobilização de células para construção de reatores contínuos sem a necessidade de propagação de células e reinício do cultivo.**

O estudo prático da imobilização envolve o confinamento das células que pode ser realizado com alginato de sódio por gotejamento em uma solução de cloreto de cálcio. O acompanhamento da morfologia celular durante o cultivo é essencial para não haver ruptura das cápsulas formadas. Normalmente para este acompanhamento é necessário o uso de microscópio ótico com câmera acoplada, que permite o estudo morfológico dos microrganismos durante o cultivo, principalmente com células imobilizadas. O acoplamento de um sistema fotográfico permitirá a realização de fotos e, também, a projeção das imagens observadas; auxiliando, deste modo, a realização de aulas práticas e a elaboração de material didático. Diante do exposto, este projeto contempla a aquisição desses materiais e o desenvolvimento do sistema experimental descrito anteriormente.

De grande importância para as atividades de ensino, pesquisa e extensão desenvolvidas na EQ é a segurança laboratorial. Por ser uma Unidade diretamente ligada às áreas de processos químicos e biológicos, são muitos os riscos envolvidos nas atividades diárias. **De forma a minimizar os riscos pertinentes aos laboratórios da EQ, todo o projeto prevê a adequação dos laboratórios de ensino e o desenvolvimento de novas práticas experimentais com significativo cuidado com as questões voltadas à infraestrutura para as atividades desenvolvidas no CT.**

Diante do exposto, esta proposta que visa o desenvolvimento institucional da Escola de Química, tem por premissa fundamental aprofundar as mudanças que vêm sendo implementadas em um novo conceito de currículo acadêmico dos cursos da EQ, que integra o estudante aos desafios impostos e a busca por soluções, garantindo à ele um local mais seguro e apto para o desenvolvimento das atividades experimentais propostas.

#### 4. JUSTIFICATIVA

Com 87 anos de história, a EQ/UFRJ participou de forma efetiva na formação dos recursos humanos que contribuíram para a implantação de parte significativa do parque industrial químico e petroquímico no Brasil, sendo referência nacional no setor. Desde sua fundação, em 1933, seu principal objetivo é a formação de profissionais com um forte alicerce acadêmico, bem como um sólido relacionamento com a área industrial. Ao longo desses anos, a EQ já formou milhares de engenheiros e químicos industriais, que atuam em diversos segmentos da indústria, da pesquisa e de órgãos públicos.

Atualmente, apenas para os cursos de graduação, a Escola de Química possui 1735 alunos com matrícula ativa e 1850 alunos no total, incluindo os de matrícula ativa e matrícula trancada. Recentemente, um estudo realizado pela Comissão de Avaliação Institucional da EQ mostrou que os níveis de evasão nos cursos da Unidade estão aumentando progressivamente. Nos últimos três anos

dos 1026 alunos ingressantes, o percentual de evasão chegou a, aproximadamente, 35%. Uma pesquisa realizada com os estudantes da Instituição indicou que falta de identificação com o curso escolhido, as dificuldades financeiras para se manter na Universidade e o grau de dificuldade das disciplinas estão entre as principais razões para a evasão nos cursos da EQ. Diante dessa conjuntura, o desafio da Escola de Química tem sido promover ações que proporcionem uma maior identificação do aluno com a Universidade e reduzam as barreiras de inclusão desse estudante no novo ambiente acadêmico.

Recentemente a EQ aprovou a reforma curricular de dois dos seus cursos, Engenharia de Alimentos e Engenharia de Bioprocessos, que estão em apreciação na divisão de ensino da UFRJ e, posteriormente, passarão por avaliação do CEG para serem implementados na EQ. Os novos currículos visam um profissional mais integrado as necessidades de mercado e adaptados às novas tecnologias para cada setor. Os novos currículos para os cursos de Engenharia Química e Química Industrial estão em fase de discussão nos NDE de cada curso. É de fundamental importância que a EQ crie ferramentas institucionais para adaptação aos novos currículos, especialmente buscando a modernização de suas ferramentas de ensino, em especial de suas atividades práticas, tão importantes na consolidação da formação dos profissionais formados pela Escola de Química.

Na Figura 1 são apresentadas as principais características das unidades curriculares integradoras dos ciclos básico, fundamental e profissional, que estão sendo propostas nos novos currículos da Escola de Química.



Figura 1. Características gerais das unidades curriculares integradoras dos novos currículos da Escola de Química.

O cenário atual da sociedade é de constantes mudanças provocadas pelo surgimento de novas tecnologias, dessa forma o profissional formado deve não apenas se limitar aos conhecimentos obtidos no seu curso superior, mas também ter capacidade de adaptação e reorganização frente aos avanços tecnológicos e científicos.

Os currículos dos cursos da EQ apresentam uma grande bagagem experimental necessária para a formação dos futuros engenheiros e químicos industriais. É no laboratório de ensino experimental que muitos fenômenos são observados, processos são desenvolvidos e aperfeiçoados e operações unitárias são otimizadas. Para a formação do profissional mais adequado a realidade atual, é de fundamental importância que as atividades desenvolvidas no âmbito das disciplinas experimentais acompanhem os avanços tecnológicos de cada segmento.

As práticas desenvolvidas nos laboratórios experimentais de ensino terão como objetivo apresentar diferentes mecanismos para simplificar a aprendizagem e o ensino de processos laboratoriais dos cursos da EQ, com fundamentos para as áreas relevantes para a formação dos estudantes, tais como

processos químicos e biológicos, operações unitárias, cinética das reações químicas e controle de processos.

Diante do exposto, de forma a atender aos objetivos de novo perfil do profissional formado na EQ e fomentar as metodologias ativas de ensino aprendizagem, a inserção de novas práticas experimentais ou mesmo reformulação e modernizações já existentes é fundamental para formação de um profissional mais integrado às modificações inerentes ao mercado atual.

## 5. METODOLOGIA

Este projeto tem prevê a **reformulação do ensino experimental dos cursos de graduação da Escola de Química** de forma a desenvolver atividades didáticas em ambiente mais seguro e com práticas mais integradas a realidade atual do futuro profissional formado pela a EQ.

A seguir uma descrição dos laboratórios de ensino que serão adaptados para atender aos objetivos deste projeto, bem como das propostas para cada setor.

### 5.1 - LABORATÓRIO DE ENSINO DE ENGENHARIA QUÍMICA - LADEQ

O Laboratório do Departamento de Engenharia Química – LADEQ conta com uma infraestrutura de laboratórios e Planta Industrial Piloto, destacando-o no cenário das universidades federais e centros de pesquisa brasileiros. A infraestrutura única de laboratórios e Planta Piloto inclui Unidades de Destilação, Trocadores de Calor, Central de Utilidades com Caldeira e Torres de Refrigeração, Sistema de Automação e Supervisão das Operações, em ambiente pré-industrial, que permite contato direto dos alunos com equipamentos e sistemas similares aos da indústria.

A estrutura do LADEQ, sob a responsabilidade do Departamento de Engenharia Química (DEQ), permite uma melhor formação de profissionais altamente especializados, não só em Engenharia Química e Química Industrial, como também em Engenharia de Alimentos e Engenharia de Bioprocessos da UFRJ. Em suas instalações são realizadas as aulas experimentais da graduação, além das pesquisas, projetos, desenvolvimento de teses de pós-graduação de Mestrado e Doutorado, coordenados e orientados por docentes do DEQ.

Com toda esta infraestrutura e recursos humanos, o LADEQ é capaz, ainda, de desenvolver produtos, processos e sistemas com inovações tecnológicas utilizados nas indústrias químicas, principalmente nos segmentos de: petroquímica, petróleo e gás, e biocombustíveis. Esta grande capacitação permite parcerias com outras instituições e empresas públicas e privadas.

Com o desenvolvimento desse projeto, a adaptação das estruturas físicas do LADEQ de forma a tornar o espaço com maiores condições de segurança para as diversas atividades experimentais que são desenvolvidas no local. Além disso, serão desenvolvidos novos sistemas experimentais com a adaptação equipamentos já existentes no local, a aquisição de produtos para modernização e adequação das práticas do laboratório de engenharia química ao novo perfil do profissional formado na Escola de Química

#### 5.1.1 Desenvolvimento de Plantas e Sistemas Experimentais para o Laboratório de Ensino de Engenharia de Química

A solução de um problema complexo é obtida a partir da imersão do aprendiz em um contexto multidisciplinar envolvendo situações de vida real, permitindo a detecção, a prototipagem e a validação (ou não) da mesma. Dentro desse contexto de universidade participativa, se estabelece uma força-tarefa, com a participação ativa dos estudantes, incluindo os de pós-graduação, para atuar na revitalização de equipamentos semi-industriais disponíveis e atualmente fora de operação, além de

projetar e construir plantas didáticas de menor porte que podem ser utilizadas para demonstrações experimentais nas disciplinas dos cursos da EQ.

Com a supervisão dos docentes responsáveis por cada setor, os alunos poderão atuar no planejamento de atividades que concentram: montagem, confecção e projeto de novos equipamentos ou instrumentos ou a manutenção dos existentes nos laboratórios de graduação da Escola de Química. Essa iniciativa já vem sendo desenvolvida com sucesso na Escola de Química através do Projeto EQ Hands-on, coordenado por docentes do DEQ, mas com a participação de docentes dos demais departamentos da EQ.

No escopo desta proposta prevê-se o desenvolvimento de aparatos de ensino experimental voltados para a área de conhecimento da engenharia química. Cada sistema apresenta uma lista de material e de recursos computacionais necessários, alternativas básicas de projeto mecânico e elétrico, procedimento de montagem, além de algumas opções de práticas sugeridas, em função do nível de formação do aluno ou da disciplina teórica conceitual correspondente.

O esquema a seguir (Figura 2) exemplifica a proposta da metodologia para o desenvolvimento dessa atividade.

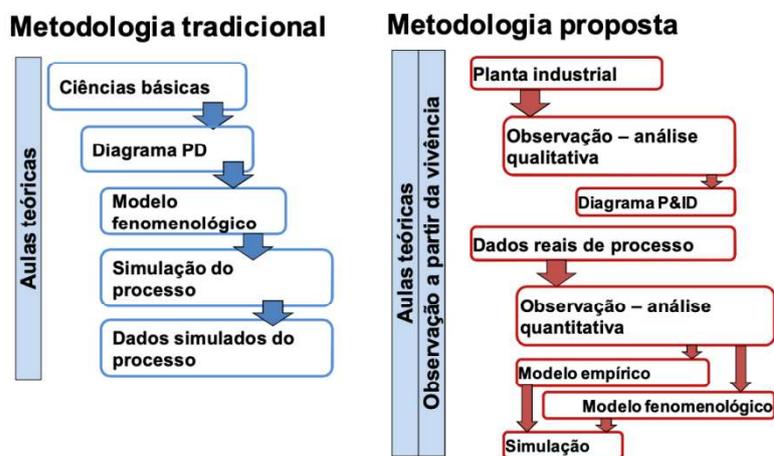


Figura 2. Esquemas de metodologia tradicional e nova proposta para aulas experimentais no Laboratório de Engenharia Química da UFRJ.

A metodologia citada anteriormente pode ser reproduzida para diversas plantas didáticas experimentais, permitindo a disponibilização de um portfólio de práticas experimentais de baixo custo para o público universitário e em atividades de extensão para a comunidade. A metodologia de desenvolvimento é composta pelas etapas apresentadas na Figura 3.

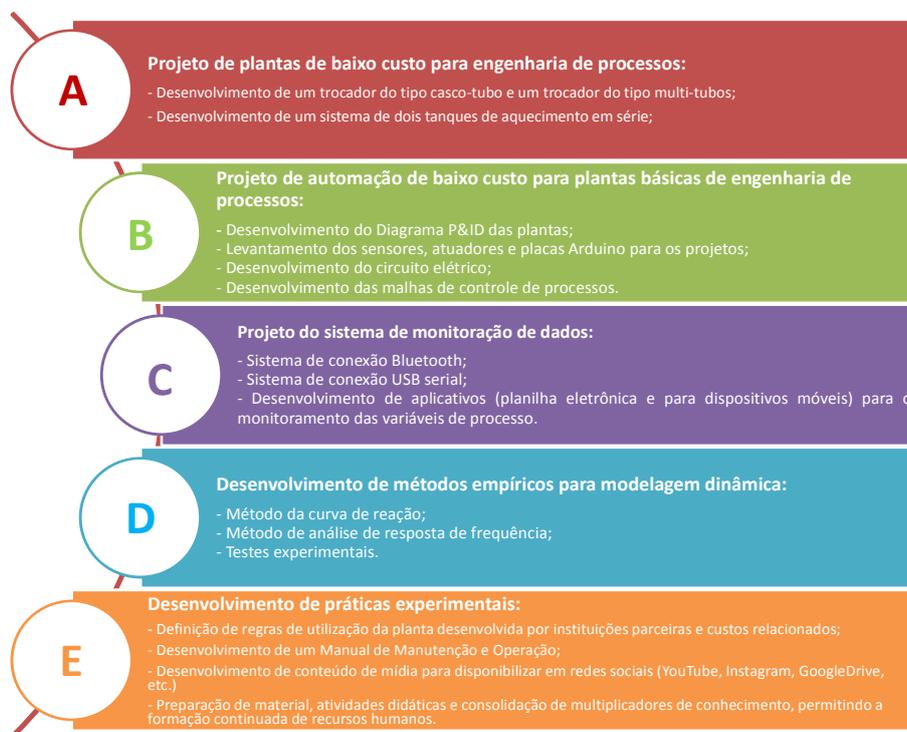


Figura 3. Etapas de desenvolvimento da nova metodologia proposta para algumas práticas experimentais do Laboratório de Engenharia Química da UFRJ.

A principal missão desta etapa da proposta é a difusão de práticas de engenharia largamente utilizadas no cenário industrial, agregando amadurecimento profissional ao aluno; formando equipes multidisciplinares e líderes, a partir da interação entre alunos em diferentes níveis de e áreas de formação; incentivando ideias criativas para difundir as áreas de ciência e tecnologia para a sociedade.

Para realização dos objetivos dispostos anteriormente, o espaço do LADEQ necessita de adaptação visando, principalmente, garantir a segurança dos usuários, bem como a alta qualidade das atividades envolvidas. Neste sentido, está sendo proposto neste projeto a modernização da planta piloto para atividades de ensino e pesquisa na EQ.

A modernização da planta piloto do Laboratório de Ensino de Engenharia Química irá ampliar o escopo multidisciplinar característico desta área de conhecimento, além de compartilhar os recursos de infraestrutura comuns ao laboratório, reduzindo custos e limitações dos espaços físicos individuais. Além disso, a incorporação de tecnologias modernas para a aquisição de dados em tempo real, aplicadas a processos simplificados complementam as ferramentas e os conceitos teóricos adquiridos em sala de aula.

## 5.2 – LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA ORGÂNICA EXPERIMENTAL

O laboratório de ensino do Departamento de Processos Orgânicos (DPO) atende uma série de alunos em disciplinas do departamento com destaque a disciplina de Tecnologia Orgânica Experimental, que tem o formato de um projeto integrador que busca sedimentar e mostrar as interações dos conceitos abordados na formação dos alunos. Assim, requer melhorias em alguns sistemas de operação que viabilizem novas experiências nas disciplinas teóricas/práticas e práticas, além de contribuir para atividades de extensão.

Este projeto prevê o desenvolvimento de dois sistemas de apoio para as atividades de ensino realizadas neste laboratório: Sistema de Destilação Automático para Recuperação de Solventes e Sistema de Recirculação de Água para Destilador e Condensadores em Sistema Fechado.

O desenvolvimento desses dois sistemas experimentais é oportuno, pois além de permitir que os alunos possam ter contato com o funcionamento de Operações Unitárias, cujos conceitos teóricos foram abordados em um grande número de disciplinas da EQ, ainda podem aproximá-los da realidade profissional e da aplicação dos preceitos de sustentabilidade.

No sistema de destilação pretende-se envolver um controlador de temperatura e pressão, monitorado por computador ou tablet, configurando outra ferramenta para proporcionar novas experiências e aprendizados aos alunos. Este sistema de destilação é um importante mecanismo de separação de misturas e pode ser utilizado, dentre outras situações, para a obtenção de cortes específicos, purificação de produtos e recuperação de solventes de efluentes gerados na própria disciplina ou junto a iniciativa do Projeto EQ-Resolve, que atua na recuperação de reagentes químicos utilizados na Escola de Química.

#### *5.2.1- Sistemas de Recirculação de Água em Sistema Fechado para o Laboratório de Graduação I-160 da Escola de Química da UFRJ*

Nos laboratórios é comum e necessário o uso de água destilada proveniente de um processo de destilação, que torna a água do sistema convencional de distribuição em uma substância de maior pureza. O destilador é um dos equipamentos que possui maior consumo e desperdício de água dentro dos laboratórios. Sendo assim, buscar diminuir os impactos ao meio ambiente através da reutilização da água descartada de destiladores é uma das medidas sustentáveis que mais convém à preservação em atividades laboratoriais. A reutilização da água descartada, tanto dos destiladores quanto dos condensadores tem enorme fundamento socioeconômico e ambiental, visto que a economia e a condição do meio ambiente necessitam de conscientização e aplicação de projetos de sucesso na conservação dos recursos hídricos.

O procedimento realizado no Laboratório de Tecnologia Orgânica Experimental para purificar a água, é a destilação convencional. O equipamento usado é um destilador de pequeno porte, de baixo custo de aquisição e manutenção, porém gera um grande desperdício de água, assim como os condensadores de bolas utilizados nas reações químicas que necessitam de refluxo.

Neste projeto será desenvolvido e implementado das práticas experimentais um sistema simplificado de reutilização da água excedente dos processos de destilação e um sistema de recirculação de água dos condensadores de refluxo utilizados nos processos de reações químicas, tendo em vista a economia de recursos hídricos por parte do laboratório.

Em um estudo anterior, foi observado que durante o processo de destilação são gastos aproximadamente 17 litros de água não pura para a produção de 1 litro de água destilada. Com o intuito de reaproveitamento interno de água do laboratório I-160, esse projeto está sendo elaborado em duas fases, para que a instituição tenha uma diminuição nos gastos com água e produção ambientalmente correta.

A ideia principal é a locação de um reservatório na parte interna do laboratório, próximo ao destilador. A saída de água residual do destilador estará ligada a este reservatório. Do reservatório, sairá a tubulação que passará por uma bomba que então bombeará a água ao curso de entrada no destilador, conforme ilustra a Figura 4.

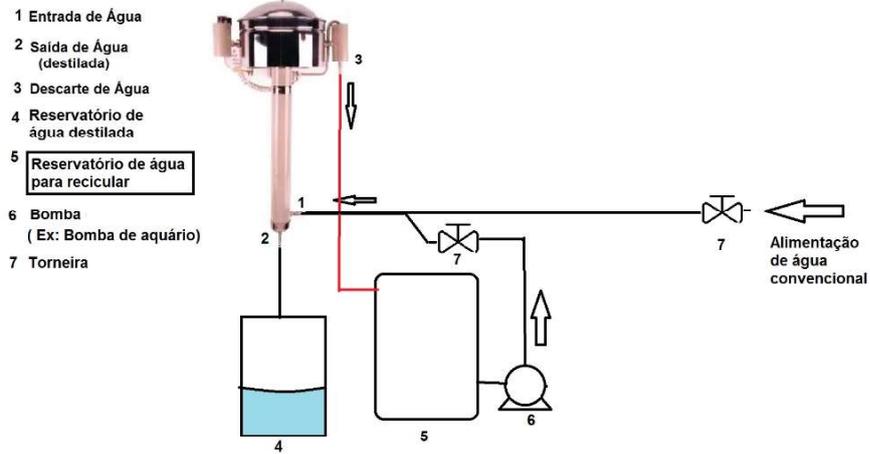


Figura 4: Modelo de sistema para recirculação de água residual do destilador

Este sistema permite também a diminuição de gasto de energia visto que a água de realimentação já estará numa temperatura superior a da coletada diretamente na torneira.

A outra parte do projeto envolve uma alternativa de recirculação de água dos condensadores de refluxo utilizados em algumas reações orgânicas realizadas no laboratório. Para a sua execução, a ideia inicial seria a colocação de um reservatório de água na parte inferior de uma das capelas do laboratório. Este reservatório terá uma tubulação que passará por uma bomba que então bombeará água do reservatório dando entrada no sistema através de mangueiras interligadas em série nas capelas com o objetivo de preencher os condensadores de refluxo durante o experimento. Na última capela, terá a saída da tubulação que estará ligada ao reservatório de água, conforme ilustra a Figura 5. Pretende-se testar diferentes formas de promover o resfriamento da água de circulação, para garantir que a eficiência dos condensadores continue sendo adequada.

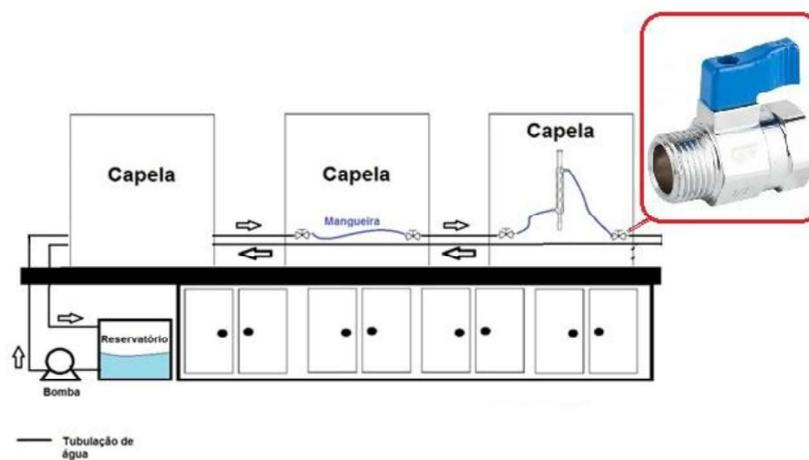


Figura 5: Modelo de sistema para recirculação de água dos condensadores de refluxo

### 5.2.2 - Sistema de Destilação Automático - Recuperação de Solventes

O tema de gestão de resíduos laboratoriais é um assunto mundialmente debatido, principalmente, nas universidades de países desenvolvidos, geralmente, incentivadas pela criação de leis que versam sobre o cuidado com o meio ambiente. Estas instituições, estudam alternativas para assegurar a manutenção dos trabalhos de pesquisa e docência e manter o meio ambiente equilibrado, transmitindo aos alunos, futuros profissionais, a importância de se preocupar com a destinação dos resíduos gerados em seu trabalho, seja na pesquisa ou nas aulas de graduação.

Um obstáculo enfrentado pelas instituições de ensino superior, seja nos laboratórios de ensino ou de pesquisa, é a quantidade de rejeitos de diversas composições, baixo volume e grande especificidade. O material de pesquisa não é permanente, tendo a possibilidade de mudança a cada novo projeto que é iniciado por um pesquisador, e em cada aula prática um novo assunto é tratado originando uma variedade de resíduos. Assim, existe a dificuldade na tarefa de estabelecer um tratamento ou disposição final comum a todos os resíduos comparado a uma indústria, por exemplo, que se fixa na produção em grande escala de um número muito menor de produtos.

Uma alternativa para minimizar o problema da geração de rejeitos está na recuperação e na reutilização do material descartado pelo laboratório. Os rejeitos mais comumente encontrados nos laboratórios possuem em sua composição solventes, por serem estes amplamente utilizados em diversos tipos de processos e por terem alto grau de periculosidade.

A recuperação desses rejeitos permitiria que a Unidade reduza recursos com a compra de novos solventes, pois uma vez purificados eles retornam aos laboratórios para serem novamente utilizados. Os solventes coletados, separadamente, podem ser reciclados por destilação, mesmo que eles contenham outras substâncias com diferentes pontos de ebulição. As misturas solvente-água também podem ser regeneradas da mesma forma.

Um sistema de recuperação de solventes automático em escala laboratorial é uma estratégia de aquisição interessante quando se fala em reciclagem de solventes, uma vez que são extremamente eficientes (funcionam de forma totalmente automática, contínua e com supervisão reduzida para reciclar solventes como acetona, xileno, tolueno, álcoois, acetonitrilas, isoctano, hexano, cloreto de metila e outros solventes de HPLC, por exemplo) em comparação com um sistema de destilação fracionada padrão que necessita de supervisão contínua para controle de temperatura, grande demanda de energia e tempo para um volume pequeno de separação. Devido à economia em solvente e custos de descarte, esses sistemas são muito econômicos em um tempo de retorno muito curto. A Figura 6 apresenta um exemplo de sistema de recuperação de solventes automático similar ao que se pretende desenvolver na Escola de Química no âmbito deste projeto.



Figura 7: Modelo de sistema para recuperação de solventes automático

Nesta etapa do projeto tem-se a aquisição e implantação de um sistema de destilação semiautomático com controle aberto para o Laboratório de Ensino do DPO, cuja finalidade é possibilitar aos alunos um

contato maior com este tipo de equipamento, bastante utilizado pelas indústrias químicas, a fim de que eles possam assim ter um conhecimento mais amplo do processo, além de minimizar o descarte de resíduos orgânicos com a recuperação de solventes para sua posterior utilização.

Outro ponto importante da inclusão deste equipamento em novas práticas do Departamento é proporcionar ao aluno a aproximação com equipamentos que possuem um sistema de controle e automação mais próximos a realidade que encontrarão nas indústrias. Poderem vivenciar o manuseio de equipamentos com esse nível de automação é relevante para a sua formação e complementa os conceitos obtidos nas disciplinas teóricas da sua grade curricular.

Dessa forma, um dos benefícios oferecidos com a implementação desta nova prática experimental é promover o treinamento dos estudantes, capacitando-os a trabalharem com equipamentos mais específicos e dentro de normas apropriadas de gerenciamento de produtos químicos, educando e mostrando a importância do reaproveitamento dessas substâncias. A efetivação deste projeto visa a formação dos profissionais na implementação da política de 3 R's: reduzir, reutilizar e reciclar os rejeitos.

Para o desenvolvimento desse projeto duas propostas são estabelecidas: a primeira completa envolvendo a aquisição de todos os equipamentos necessários e mais adequados ao funcionamento da unidade; e, uma segunda opção, com um custo mais reduzido assumindo o uso de alguns equipamentos mais adaptados a uma realidade de recursos escassos.

Para a construção do sistema experimental propostos para o laboratório do DPO são necessários os itens listados a seguir:

- Aquisição/manutenção de equipamentos; bombas; manta de aquecimento, aquecimento com banho de óleo, chiller para refrigerar as colunas.
- Materiais diversos (válvulas, conexões, vidrarias, materiais eletroeletrônicos, etc);
- Computador.

### 5.3 ATUALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DAS PRÁTICAS DO DEPARTAMENTO DE PROCESSOS INORGÂNICOS

No elenco das disciplinas obrigatórias oferecidas pelo Departamento de Processos Inorgânicos (DPI) para os diferentes cursos da Escola de Química constam duas disciplinas de caráter experimental. A disciplina EQI 472- Processos Inorgânicos Experimentais com 60 horas (4 horas semanais) obrigatória para os cursos de Engenharia Química integral e noturno e, Química Industrial integral e noturno. Por período são oferecidos para os cursos integral: 7 turmas com 12 alunos por turma e para os cursos noturnos: 4 turmas, totalizando 11 turmas para atender 132 alunos por período. A disciplina EQI 473- Eletroquímica aplicada com 30 horas (2 horas semanais) é obrigatória para o curso de Química Industrial integral e noturno. Por período são oferecidos, para os cursos integral e noturno, 1 turma com 20 alunos, totalizando 2 turmas para atender 40 alunos por período.

As práticas experimentais da EQI 472 estão divididas pelos segmentos: aglomerantes (gesso e cal), material cerâmico (conformação de corpo cerâmico), material metálico (corrosão) e, tratamento de clarificação da água e tratamento de efluente (remoção de cor). Tais práticas permitem ao aluno uma experiência de manipulação de diferentes materiais e equipamentos do segmento da indústria de produtos inorgânicos e da área ambiental. As práticas da EQI 473 envolvem os temas de eletrofloculação aplicada ao tratamento de efluentes da indústria têxtil; eletrorrecuperação de metais; niquelação; titulação potenciométrica e células galvânicas e eletrolíticas

Nesta etapa do projeto, tem-se como objetivo a atualização dessas duas disciplinas experimentais, para tal será realizada substituição de equipamentos fundamentais para reformulação das novas práticas, que estão obsoletos e com desempenho aquém do esperado, visando à modernização dos aparatos

experimentais para conferir características de sustentabilidade às práticas desenvolvidas nas disciplinas experimentais do departamento.

Apesar do sucesso da disciplina de Processos Inorgânicos Experimental (EQI 472) entre os alunos, faz-se necessário introduzir um olhar do uso consciente de materiais e insumos procurando gerar uma redução de sobras e, incentivar ao reaproveitamento dos resíduos gerados tanto no processo de fabricação industrial como na prática realizada no laboratório.

Para implantar tal ação é necessário investir em tecnologia, apresentando novas metodologias de utilização e controle de matérias primas. Um dos grandes desafios na indústria é o trato do problema do resíduo sólido gerado no processo industrial. Com as novas normas e diretrizes para o gerenciamento de resíduos sólidos, a intensificação da legislação e a fiscalização muito mais presente e efetiva; torna-se inadmissível o descarte e disposição direta desses materiais no meio ambiente. Sendo assim, a busca pelo aumento do reaproveitamento dos resíduos apresentado oportunidades de recuperação e reutilização, sendo este o melhor caminho para reverter, ou pelo menos amenizar, o cenário negativo estabelecido pela disposição incorreta destes materiais. Assim para a prática de análise de gesso os corpos de prova produzidos ao longo da prática ao invés de serem descartados podem ser reciclados.

A resolução nº 431/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) alterou o art. 3º da resolução nº 307 /2002, estabelecendo uma nova classificação para o gesso. Passando de Classe C (materiais que devem ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas), para a Classe B (ou seja, materiais que deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados para áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura. Esta mudança levou os resíduos de gesso para a categoria de reciclagem obrigatória, já que o resíduo pode ser reciclado, mantendo as propriedades físicas e mecânicas de seu formato comercial.

A recuperação da capacidade aglomerante do gesso ocorre através do processo de calcinação. Através da calcinação, o resíduo de gesso que se apresenta como sulfato de cálcio diidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) é convertido em gesso reciclado  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ . A calcinação é feita submetendo-se o resíduo de gesso a queima com temperatura controlada.

Desta forma uma nova prática envolvendo a reciclagem do gesso terá como objetivos:

- Realizar o processo de reciclagem do resíduo de gesso, capaz de produzir um material reciclado similar ao gesso comercial;
- Determinar a percentagem de água retida fisicamente e da água combinada do gesso, tanto o comercial, quanto o reciclado;
- Verificar a variação do tempo de pega para diversas consistências de massa de gesso e água;
- Verificar a variação da percentagem de absorção de água para os corpos de prova confeccionados com diversas consistências de massa de gesso e água.

Sabe-se que o resíduo de gesso pode conter, além do sulfato de cálcio di-hidratado, teores de hemidratos, anidritas e outros inertes (impureza), que alteram sua composição química em relação a gipsita natural. Assim, ao passar pela nova calcinação existe uma tendência de que o tempo de pega do material seja diminuído, provavelmente por uma mudança na sua microestrutura. Essas alterações da mudança de comportamento da pega do gesso reciclado gera uma vasta área de indagações de natureza diversas possibilitando ao aluno desenvolver um olhar mais investigador a respeito da cinética de hidratação do gesso.

Atualmente preconiza-se o desenvolvimento sustentável em todos os setores e, não poderíamos ficar à margem sem introduzir em nossas aulas práticas o conceito de sustentabilidade, como aquele material, que ao tornar resíduo passará por um processo de reutilização e reciclagem e após vários ciclos de reciclagem poderá ser um rejeito que deverá ter um descarte adequado. Desta maneira, para

modernização prática de reaproveitamento de gesso faz-se necessária a aquisição/reparo de equipamentos como agitador de peneiras automatizado, aparelho de vicat, balança.

Seguindo na mesma linha de reaproveitamento dos resíduos gerados nas aulas práticas, serão desenvolvidas alternativas para o reaproveitamento dos corpos cerâmicos produzidos na prática de conformação e avaliação de corpos cerâmicos por prensagem.

Na indústria cerâmica, é prática comum a mistura de dois ou mais tipos de matéria-prima para a formulação das massas. Para reaproveitar a sobras de um corpo cerâmico já queimado, além de precisar passar por uma etapa de moagem será preciso que o novo corpo cerâmico seja queimado a uma temperatura superior à da queima anterior para que este possa apresentar resistência mecânica. Em geral na execução desta prática a temperatura de queima gira em torno de 1100°C, o que implica que o novo corpo de prova teria que ser queimado a partir de 1100°. No momento isso seria impossível em função da temperatura máxima do forno disponível no laboratório.

Pretende-se alcançar os seguintes objetivos com a nova prática:

- A substituição de parte da matéria prima original pelo material a ser reciclado;
- Acompanhar a evolução da queima do corpo de prova gerado;
- Analisar a influência da incorporação do resíduo no controle de qualidade de diversos produtos cerâmicos por meio da análise dos parâmetros físico (porosidade e tensão de ruptura à flexão).

Sabe-se que a reciclagem de cerâmicas é limitada devido às características do material e suas propriedades. A diversidade da composição química das cerâmicas diminui sua reciclabilidade. Seria possível com a introdução desta prática explorar essas dificuldades apresentadas no processo industrial.

Para o desenvolvimento da prática de reaproveitamento dos corpos cerâmicos faz-se necessária a aquisição dos seguintes itens:

- Forno mufla laboratorial temperatura de 1300°C;
- Aquisição de novo Software Logbox- monitoramento da temperatura vs tempo de queima no forno;
- Acessório para entrada e saída de gás para trabalho em atmosfera inerte

Algumas práticas Instalação para linhas de gases especiais. da disciplina Processos Inorgânicos Experimentais serão modificadas visando a operação automatizada dos processos estudados, o controle das variáveis envolvidas e a geração de resultados e conhecimento mais atuais, condizentes com o perfil do novo profissional formado pela Escola de Química.

Em relação à disciplina Eletroquímica Aplicada para a sua modernização das práticas que estão sendo adotadas no curso está a aplicação de técnicas eletroquímicas para reutilização de metais metálicos, visando à sustentabilidade. Para isso será necessária a aquisição de fontes de tensão (15V/3A), para aplicação de corrente nas etapas de niquelação, eletrorecuperação de metais e recuperação de zinco de sucatas de aço galvanizado; também serão adquiridas placas de agitação/aquecimento para práticas de titulação potenciométrica e determinação de concentração de solução com íons metálicos; multímetros digitais para as práticas eletroquímicas, visando à determinação do potencial de eletrodo.

#### 5.4 LABORATÓRIOS DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOQUÍMICA

A disciplina EQB121 apresenta, à luz da reforma do curso de Engenharia de Bioprocessos, uma atualização acerca das aulas práticas que envolvem metodologias analíticas e métodos físicos necessários para introduzir ao aluno a contextualização do conteúdo obtido nas aulas teóricas.

No modelo atualmente vigente, o estudante de engenharia de bioprocessos aprende metodologias analíticas voltadas apenas para a indústria química e de petróleo, o que nos motivou a atualizar tanto a

disciplina teórica, quanto as aulas práticas, proporcionando uma abordagem mais condizente com o cenário industrial e acadêmico a ser encontrado pelo egresso. Portanto, as aulas práticas foram adaptadas, tanto do ponto de vista de novas amostras de trabalho, quanto de temas de aulas práticas, envolvendo novas técnicas abordadas e atualização daquelas mais clássicas, de modo a acompanhar a evolução do campo da biotecnologia, uma das principais áreas a serem seguidas pelo profissional Engenheiro de Bioprocessos.

O desenvolvimento de bioprocessos tem sido constantemente adotado no Departamento de Engenharia Bioquímica da EQ/UFRJ através de ferramentas que visem o aumento de produtividade destes sistemas viabilizando a sua implantação tecnológica. São desenvolvidos experimentos onde o aluno pode ter o contato com um Biorreator em escala de bancada, semelhante ao industrial, onde são conduzidos processos biotecnológicos de obtenção de produtos de valor agregado, como etanol e biomassa celular, entre outros. Na disciplina EQB473- Engenharia Bioquímica Experimental e a disciplina EQB367- Fundamentos de Engenharia Bioquímica II, os alunos dos cursos de Engenharia de Bioprocessos, Engenharia de Alimentos e de Engenharia Química desenvolvem o processo de produção usando biocatalisadores desde o preparo do meio de cultivo, do biocatalisador, das operações unitárias adjacentes (esterilização, agitação e aeração) até a obtenção e caracterização do produto final.

Uma das aulas experimentais realizadas é a determinação do coeficiente volumétrico de oxigênio  $K_La$  através do método indireto da degaseificação, o qual envolve a redução da oxigenação do meio a zero, através da adição de nitrogênio gasoso, para que então se promova a agitação e por consequência aeração, fazendo o acompanhamento cinético da absorção de oxigênio a níveis próximos a saturação.

Essa prática atualmente é realizada utilizando métodos químicos para redução do oxigênio e métodos químicos para determinação do oxigênio dissolvido. Essas técnicas são bastante demoradas, o que impede a determinação do  $K_La$  em diferentes condições de agitação e aeração para que o aluno realmente compreenda os efeitos desses parâmetros na transferência de oxigênio. A utilização de um eletrodo de oxigênio nestas medidas forneceria um sinal em tempo real, permitindo que diferentes sistemas de inserção de ar pudessem ser adicionados ao processo visando uma maior e melhor capacidade de oxigenação do mesmo.

Outro componente importante neste processo é o sistema de filtração do ar fornecido ao mesmo. O aluno aprende na teoria que antes da introdução de ar no sistema, este deve passar por sistemas de filtração de membranas sendo essencial a medição da qualidade do ar antes e após esta filtração, visando medir a eficiência do sistema de esterilização.

Além disso, os dimensionamentos dos esterilizadores de ar só podem ser realizados com a determinação da concentração de contaminantes do ar de processo. Essa prática pode ser realizada utilizando amostradores de ar, seguido da determinação da concentração de células. Atualmente esta medição não é realizada pela ausência do equipamento adequado para captura e amostragem microbiológica do ar. A aquisição de amostradores de ar microbiológicos permitiria incluir na prática mais uma atividade, essencial a nível industrial, e que o aluno poderia vivenciar ainda na sua graduação como parte importante na formação.

Com a reforma curricular do curso de Engenharia de Bioprocessos outras disciplinas experimentais foram incluídas, obrigatórias e eletivas, incluindo uma que trabalha com células microbianas imobilizadas.

A imobilização de células é uma prática importante para construção de reatores contínuos sem a necessidade de propagação de células e reinício do cultivo. O estudo prático da imobilização de células envolve o confinamento das células que pode ser realizado com alginato de sódio por gotejamento em uma solução de cloreto de cálcio. O acompanhamento da morfologia celular durante o cultivo é essencial para não haver ruptura das cápsulas formadas. Normalmente para este acompanhamento é necessário o uso de microscópio ótico com câmera acoplada, que permite o estudo morfológico dos microrganismos durante o cultivo, principalmente com células imobilizadas. O acoplamento de um

sistema fotográfico permitirá a realização de fotos e, também, a projeção das imagens observadas; auxiliando, deste modo, a realização de aulas práticas e a elaboração de material didático.

Alguns equipamentos serão necessários para mais de uma aula prática, de modo a otimizar sua utilização, refletindo-se na aquisição da menor quantidade necessária de bens duráveis. Além disso, tais equipamentos serão primordiais para a oferta e outras disciplinas pelo setor de Bioquímica Tecnológica, como a disciplina EQB088 - Análise de Biomoléculas, que possui como objetivos apresentar aos alunos os fundamentos e aplicações das técnicas de análises, qualitativa e quantitativa, das biomoléculas no ambiente da indústria, com ênfase nas técnicas necessárias para a pesquisa, desenvolvimento e fabricação de produtos associados a essas moléculas. A disciplina inclui também os procedimentos gerais para: (i) estabelecimento e otimização, (ii) validação e (iii) inclusão "by-design" dessas técnicas analíticas em um processo produtivo. O perfil de aulas práticas pode ser visualizado a seguir:

Há aderência entre os programas das duas disciplinas, fundamentando a importância de um espaço dedicado contendo os equipamentos necessários à realização das referidas aulas. A aquisição de novos e modernos equipamentos será também essencial para implementar disciplinas experimentais optativas relacionadas com a produção de biofármacos, como aquelas da ênfase em Biotecnologia Farmacêutica, e outras, as quais estão atualmente em fase de concepção.

- Aquisição/manutenção de equipamentos para as novas práticas desenvolvidas (balança analítica com sistema de aquisição de dados, refratômetro digital; espectrofotômetro digital faixa UV-visível;
- Materiais diversos (vidrarias, cubas de eletroforese, dessecadores);
- Serviços de terceiros para adequação do laboratório para o desenvolvimento das novas práticas (adaptação elétrica e das bancadas, reparos de equipamentos).

## 6 RESULTADOS ESPERADOS

A partir da consolidação do núcleo de desenvolvimento de novas metodologias de ensino experimental e de aprendizagem para os cursos da Escola de Química UFRJ apoiadas por este projeto, serão desenvolvidas atividades que permitirão a:

- Formação de um profissional com visão da Engenharia do futuro, que integra conceitos de uma Universidade multidisciplinar, inclusiva e inovadora;
- Desenvolvimento de sistemas experimentais que permitam atividades de ensino combinando ações práticas e inovadoras;
- Desenvolvimento de plataforma de monitoração e aquisição de dados de processo multiusuário, que permita a realização de atividades práticas sistemáticas de ensino, presenciais e/ou a distância;
- Redução do desperdício de água e reaproveitamento de rejeitos nos laboratórios de tecnologia orgânica e processos inorgânicos experimentais;
- Minimização dos gastos com descarte de resíduos e compra de solventes, atualmente, desperdiçados pela incorreta segregação e não reciclagem dos mesmos.
- Disseminação e multiplicação das experiências do projeto para outros cursos e IES no Estado do Rio e no Brasil;
- Integração dos alunos da EQ com conceitos teóricos e práticas industriais atualmente disponíveis no cenário atual, ampliando as possibilidades de sua inclusão ao mercado de trabalho.
- Promoção de ações replicadoras baseadas na definição de subáreas de conhecimento dentro das competências (por exemplo, Fenômenos de Transporte, Instrumentação Tecnologias Químicas, dentre outras).
- Replicação e ampliação das ideias propostas, transformando cada participante em um agente de propagação e reflexão em torno da discussão de novas metodologias.

## PLANO DE METAS E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO

### 1. DISCRIMINAÇÃO DO PROJETO

#### 1.1 Das Metas e Etapas a serem atingidas

Foi definida 01 (uma) meta com 04 (quatro) etapas a serem atingidas na execução do projeto, conforme descritivo e cronograma abaixo:

**META 01: Desenvolvimento e adequação de novas práticas nos laboratórios e espaços de ensino experimental da Escola de Química – 36 meses – do mês 1 até mês 36**

**Etapa 1.1** – Adaptação dos laboratórios e espaços de ensino – 30 meses – do mês 1 até mês 30

**Etapa 1.2** – Planejamento e concepção das práticas das disciplinas envolvidas– 6 meses – do mês 6 até mês 12

**Etapa 1.3** – Montagem dos sistemas propostos – 12 meses – do mês 4 até mês 24

**Etapa 1.4** – Implementação, ajustes e validação das novas rotinas experimentais 12 meses– do mês 18 até mês 36

**EQUIPE EXECUTORA**

Participante	Qualificação	SIAPE	Dedicação (h/semana)	CPF
Raquel Massad Cavalcante	Servidor Docente	3864846	8 horas	11015437796
Fabiana Valéria da Fonseca	Servidor Docente	1726397	8 horas	07684160788
Luiz Fernando Lopes Rodrigues Silva	Servidor Docente	1718951	8 horas	09591102755
Yordanka Reyes Cruz	Servidor Docente	2280521	8 horas	05982137758
Jose Angel Ramon Hernandez	Servidor Docente	1140016	8 horas	06279936724
Armando Lucas Cherem da Cunha	Servidor Docente	2909626	8 horas	09155477755
Rodrigo Pires do Nascimento	Servidor Docente	1550993	8 horas	03400119717
Juacyara Carbonelli Campos	Servidor Docente	1347069	8 horas	95940618715
Estevão Freire	Servidor Docente	1731497	8 horas	93202024787
Caetano Moraes	Servidor Docente	0367975	8 horas	11285753100
Andréa Medeiros Salgado	Servidor Docente	1361989	8 horas	00903815729
Ricardo Schmitz Ongaratto	Servidor Docente	1741878	8 horas	00262726017

**PLANO DE APLICAÇÃO DETALHADO**

Partícipe	Descrição das despesas		Valor Total (R\$)
<b>Custo Indireto de Projeto</b> (com base no Regulamento da ANP 03/2015 alterado pela Resolução 799/2019)	33.90.39.79	DOA – Despesa Operacional e Administrativa 10%	86.525,75
	44.90.52.00	Equipamento e Material Permanente  (Equipamentos para desenvolvimento das novas práticas, tais como: mufla, balança, refratômetro, agitador de peneiras, jartest automatizado, mantas, banho, microscópio eletrônico, amostrador de qualidade do ar, aparelho de vikat, entre outros)	244.357,46
	33.90.18.01	Auxílio Financeiro a Estudantes – Bolsas de estudo no país  (Pagamento de bolsa de iniciação científica)	16.800,00
	33.90.20.01	Auxílio Financeiros a Pesquisadores  (Pagamento para servidor suporte técnico-administrativo ao Projeto)	22.100,00
	33.90.30.00	Material de Consumo  (Materiais para construção dos novos sistemas experimentais, tais como: válvulas, conexões, mangueiras, tubos, placas, arduínos, sensores, fios, tomadas, disjuntores, fontes, sistema de aquisição de	62.000,00

		dados, módulos para comunicação em rede (bluetooth, Ethernet, etc.), cubas, medidores de pressão, temperatura)	
	33.90.39.00	Serviços de Terceiros Pessoa Jurídica  Serviços para implementação das novas práticas, tais como: adaptação de bancadas e parte elétrica, adequação da casa de gases para linha de gases especiais, adaptação do piso da planta piloto da Ladeq, adequação dos equipamentos de combate a incêndio.Confecção de artefatos de vidro para desenvolvimento de novas práticas experimentais)	520.000,00
		<b>Valor Total (R\$) 948.783,21</b>	

**CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO**

Parcelas	Período	Valor (R\$)
1	Mês 1	423.783,21
2	Mês 11	528.000,00
	Total	951.783,21



**COORDENADOR DO PROJETO**  
UNIDADE/DEPARTAMENTO/PROGRAMA



**DIRETOR/A DA UNIDADE/DEPARTAMENTO/CENTRO DE USO DO CIP**  
UNIDADE/DEPARTAMENTO/PROGRAMA



**DIRETORIA SUPERINTENDENTE - COPPETEC**



---

**DIRETORIA EXECUTIVA - COPPETEC**