



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA
DIVISÃO DE CIÊNCIAS FUNDAMENTAIS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

CHAMADA PARA PROJETOS DE ENSINO – 2º Semestre/2016
ITAEX – Ex-Alunos Apoiando o ITA

Laboratório de QUI-28

Desenvolvimento de Projetos Continuados de Cunho Tecnológico

Equipe Proponente

Prof^ª. Dr. Elizabete Yoshie Kawachi – Chefe do IEFQ

Prof. Dr. Thiago Costa Ferreira Gomes

Prof. Dr. José Atílio Fritz Fidel Rocco

Prof^ª. Dr. Maria Auxiliadora da Silva

Prof. Álvaro Ferreira

Julho / 2016

Título do Projeto

Laboratório de QUI-28: Desenvolvimento de Projetos Continuados de Cunho Tecnológico

Equipe Executora

Profª Drª Elizabete Yoshie Kawachi – Chefe do IEFQ / Coordenadora

Prof. Dr. Thiago Costa Ferreira Gomes – Prof. IEFQ / Vice-coordenador

Prof. Dr. José Atílio Fritz Fidel Rocco – Prof. IEFQ

Prof. Dr. Luiz Fernando de Araújo Ferrão – Prof. IEFQ

Profª. Drª. Maria Auxiliadora da Silva – Bolsista

Prof. Álvaro Ferreira – Laboratório de Bioengenharia

Drª. Luciana De Simone Cividanes Coppio – CLT/FCMF

Dr. Marcus Luiz Pontarolli – RPA/FCMF

Drª. Roberta Jachura Rocha – RPA/FCMF

Dr. Valdemir dos Santos – RPA/FCMF

Divisão / Departamento de Execução do Projeto

Divisão de Ciências Fundamentais / Departamento de Química (IEFQ)

Disciplina / Número de alunos envolvidos

QUI-28 (Laboratório) / ~150 alunos do 1º Fund (divididos em 04 turmas de ~38 alunos) + alunos dos diversos anos do ITA envolvidos nas iniciativas

1. Introdução

Desde 2014, o Departamento de Química (IEFQ) tem recebido apoio de pesquisadores contratados pela Fundação Casimiro Montenegro Filho (FCMF), via projeto FINEP/EXPANITA, para o Suporte a Novas Metodologias de Ensino e Pesquisa. Este apoio tem sido importante para a implementação de projetos de cunho tecnológico desenvolvidos pelos alunos do 1º ano da graduação, como parte das atividades experimentais de laboratório de química das disciplinas QUI-18 e QUI-28. Esta proposta tem o intuito de proporcionar maior motivação dos alunos para o desenvolvimento das atividades práticas, através do desafio de suas habilidades técnicas, motoras, intelectuais e de criatividade para inovação. Desde sua concepção, as atividades têm sido constantemente adaptadas, visando maior aproveitamento do aprendizado e incentivo ao espírito crítico e à inovação.

De modo geral, a estratégia adotada nas atividades de laboratório envolve três etapas: i) exposições teóricas, discussões e atividades práticas básicas para o desenvolvimento do conhecimento relativo ao tema proposto, bem como do conhecimento de técnicas básicas em química experimental; ii) desenvolvimento dos projetos garantindo certo grau de liberdade, gerando resultados diferenciados entre as equipes; e iii) consolidação dos resultados em relatórios técnico-científicos e apresentação em Workshops abertos ao público.

A configuração mais adequada para o desenvolvimento dos projetos mostra-se uma mescla do que já foi praticado anteriormente, levando-se em consideração o tempo disponível para o desenvolvimento adequado dos projetos e a fixação dos conteúdos apresentados. Desta forma, a proposta é trabalhar o conceito de projeto ao longo do ano, preparando tecnicamente e intelectualmente os alunos e fornecendo uma primeira noção de cada tema de projeto durante o primeiro semestre (QUI-18) para, então, possibilitar a escolha do tema e o desenvolvimento consciente dos projetos no segundo semestre (QUI-28). Experiências anteriores nos provaram que a possibilidade de escolha do tema de projeto pelos alunos confere maior responsabilidade e envolvimento dos mesmos nas atividades.

Os temas de projeto de laboratório de química para este ano têm caráter de continuidade, vinculando-se aos projetos já desenvolvidos nas edições anteriores, com fator de complementariedade e de aprimoramento das atividades. Além disso, um

subprojeto será incubado, possibilitando o desenvolvimento de fundamentos de química aplicados no processamento de sinais biológicos que geram o eletrocardiograma. Este subprojeto vem para dar início às atividades do Laboratório de Bioengenharia, recentemente criado no ITA, abrindo espaço e gerando experiência para que novas disciplinas sejam criadas nesta área.

Esta proposta tem como intuito dar continuidade às atividades propostas no primeiro semestre (QUI-18), em que o laboratório de química foi adaptado para garantir a segurança e adequação para condução dos temas de projeto propostos aos alunos. Desta forma, esta proposta tem por finalidade possibilitar a aquisição rápida de materiais para a execução dos projetos propostos pelos grupos de alunos, possibilitando que eles desenvolvam de forma mais livre o senso de criatividade para a solução de problemas.

2. Proposta de ensino experimental para QUI-28

Após o primeiro semestre (QUI-18) em que os alunos foram introduzidos ao ambiente de laboratório de química e aos temas de projeto, as turmas organizaram-se (escolha livre das turmas) para a distribuição dos temas de projeto e subprojeto. A Tabela 1 apresenta a proposta consolidada, após a qual será apresentada breve descrição de cada tema de projeto e subprojeto.

Esta proposta está diretamente relacionada com as diretrizes do Conselho da Graduação e com o plano de Expansão do ITA, com a proposição de novas metodologias de ensino e pesquisa. As atividades que têm sido desenvolvidas no laboratório de química da graduação vêm promovendo inovação no ensino laboratorial, mediante projetos continuados de caráter tecnológico, os quais têm vínculo com as iniciativas do H8 e favorecem o desenvolvimento científico dos alunos através de atividades *hands on* e visitas técnicas a outros laboratórios do ITA e do DCTA, com possibilidade de uso do parque instrumental destes.

Tabela 1: Temas de projeto/subprojeto a serem desenvolvidos no laboratório de QUI-28.

Tema do Projeto/Subprojeto	Coordenador	Turma executora	Custo previsto	Divisão Colaboradora	Iniciativa que pode ser beneficiada
Bioquerosene	Prof ^a . Dora	T20.2	R\$ 23.804,98	Laboratório de Combustão – Divisão de Engenharia Aeroespacial	Aerodesign, Mini Baja, Fórmula ITA
Materiais Compósitos	Prof ^a Bete	T20.4	R\$11.422,12	Divisão de Engenharia Mecânica	Aerodesign, Mini Baja, Rocket design, Fórmula ITA
Materiais Cerâmicos	Prof. Thiago	T20.3	R\$ 39.430,00	Divisão de Materiais do IAE	Aerodesign, Mini Baja, Rocket design, Fórmula ITA
Processamento e injeção de propelente sólido para motor de sondagem	Prof. Fritz	T20.1	R\$ 22.045,00	Divisão de Engenharia Aeroespacial Divisão de Propulsão Aeronáutica do IAE	Rocket design
Processamento de sinais biológicos (eletrocardiograma)	Prof. Álvaro	T20.2 T20.3	R\$ 7.000,00	Laboratório de Bioengenharia; Divisão de Engenharia Elétrica	ITAndroid
Total dos Projetos de QUI-28			R\$ 103.702,10		



PROJETO 1: Bioquerosene, uma Proposta de Ensino Continuada

A produção de bioquerosene, com características desejáveis para utilização no setor aeronáutico (densidade energética elevada, temperaturas de congelamento inferiores a -47 °C e baixa formação de depósitos nas partes quentes dos propulsores) pode alavancar ideias, ajudar a desenvolver habilidades, conceitos químicos e opiniões motivadoras ao ensino de química experimental e ajudar a despertar nos alunos a consciência sobre o futuro energético do país.

Dentre os processos de obtenção de biocombustíveis com perspectivas de substituir o querosene de aviação, destaca-se o craqueamento térmico ou pirólise, que é o processo de conversão de uma substância em outra por meio da ação do calor, em temperaturas superiores a 350 °C . Através desse processo, as moléculas de óleos vegetais podem ser transformadas em uma mistura de compostos químicos com propriedades muito semelhantes às do óleo diesel de petróleo, os chamados biocombustíveis de segunda geração. As rotas utilizadas para a produção desse tipo de biocombustível têm a vantagem de permitir a utilização de insumos residuais de baixa pureza e baixo custo.

O craqueamento dos triacilglicerídeos (óleos vegetais e gorduras) será conduzida em reatores construídos e adaptados em projetos anteriormente patrocinados pela T61. Este processo poderá ser realizado sob três condições diferentes:

- a) Craqueamento sob ação de temperatura, apenas. Por este método compostos oxigenados são obtidos no produto final, os quais tornam o combustível levemente ácido, característica indesejável para aplicação no setor aeronáutico.
- b) Craqueamento sob efeito de temperatura e catálise heterogênea na fase gasosa. Nesta condição, os produtos gasosos deixando o reator são colocados para interagir com o catalisador em temperaturas elevadas (400 °C) antes de passarem por um condensador.
- c) Craqueamento sob temperatura elevada e catálise heterogênea na fase líquida. O catalisador é colocado diretamente na fase líquida dentro do reator aquecido em temperaturas ao redor de 400 °C .

Estudos recentes mostram que a desoxigenação dos produtos da decomposição térmica de óleos vegetais é favorecida quando a reação é realizada na presença de diferentes catalisadores sólidos, sendo a seletividade dos produtos dependente do sólido utilizado. Catalisadores sólidos que apresentam acidez de Lewis, em especial zeólitas constituídas por



aluminossilicatos, são eficientes na promoção da desoxigenação dos produtos da decomposição térmica produzindo misturas de hidrocarbonetos alifáticos, cíclicos e aromáticos com composição próxima ao do diesel do petróleo. A destilação posterior dos produtos obtidos permite obter frações similares ao querosene de aviação.

As frações obtidas deverão ser caracterizadas por técnicas de análises já desenvolvidas pelos alunos em QUI 18, como a determinação de massa específica, índice de acidez e de iodo por titulação, e por técnicas ainda a serem desenvolvidas em QUI 28, como testes de estabilidade à oxidação (norma ASTM D 2274-03) e técnicas termoanalíticas. Adicionalmente, com o apoio do Laboratório de Combustão do ITA, as frações condensadas deverão ser submetidas a análises de cromatografia gasosa, ponto de fulgor e testes de emissão de particulado durante a queima.

Uma das grandes dificuldades no ensino experimental de química é a falta de instrumentos científicos para a análise dos compostos químicos, dados dois fatores: i) instrumentos comerciais costumam ser muito caros e danificam rapidamente devido à operação por alunos inexperientes; ii) o funcionamento e o conserto destes equipamentos é difícil por se tratarem de equipamentos fechados (“caixas pretas”). O IEFQ não dispõe de equipamentos de identificação e caracterização do biocombustível que será produzido, sendo necessário o uso de laboratórios externos para tal caracterização, o que gera atrasos no desenvolvimento do projeto.

Dentro deste contexto, propõe-se a construção de um protótipo de dispositivo de espectroscopia na região do infravermelho médio com processamento do sinal por transformada de Fourier (FT-IR), podendo esta iniciativa resultar em projetos de desenvolvimento de equipamentos didático-científicos pelos próprios alunos, como parte do conhecimento a ser desenvolvido em química experimental. A espectroscopia no IV é uma técnica primária de identificação e caracterização de materiais, na qual os compostos absorvem seletivamente radiação de comprimento de onda específico, o que causa uma variação no momento de dipolo das moléculas, possibilitando a identificação de grupos funcionais presentes nestes compostos.

Para a realização deste projeto, faz-se necessária a aquisição/manutenção dos seguintes reagentes/equipamentos/instrumentos para equipar de forma adequada o Laboratório de Ensino de Química do ITA para as atividades propostas:



Tabela 2: Previsão de custos para execução do projeto de Bioquerosene.

Item	Custo
Gases para redução do metal suportado no catalisador e determinação do Índice de acidez do catalisador	R\$ 740,90
Catalisador para a geração de H ₂ <i>in situ</i> (Paládio suportado em carvão ativado)	R\$ 3.053,00
Reguladores de pressão	R\$ 2.559,00
Outros reagentes	R\$ 2.500,00
Construção de um mini reator para experimentos de deoxigenação de bioóleo sob pressão em pequena escala	R\$ 5.000,00
Custos com análise por cromatografia gasosa	R\$ 2.000,00
Total parcial para produção de bioquerosene	R\$ 15.852,90
Filamento para impressora 3D (Nylon)	R\$ 364,00
Laser visível	R\$ 200,00
Laser IR	R\$ 907,48
Fotodetector	R\$ 1.987,38
Espelhos	R\$ 136,12
Suportes de espelho	R\$ 175,60
Atuador piezo	R\$ 181,50
Serviço de desenvolvimento, orientação e registro das atividades	R\$ 4.000,00
Total parcial para construção do protótipo de FTIR	R\$ 7.952,08
Total do projeto	R\$ 23.804,98

PROJETO 2: Materiais Compósitos

Os materiais compósitos mais comuns são aqueles que usam reforços na forma de fibras contínuas e matrizes poliméricas. Esse tipo de compósito apresenta excelente desempenho estrutural, considerando-se a resistência mecânica e a rigidez específicas, são muito resistentes a vários tipos de corrosão e são bem mais leves se comparados às ligas metálicas estruturais. Por estas razões, esse tipo de compósito de matriz polimérica tem sido vislumbrado para diversas aplicações em produtos da indústria aeronáutica, espacial e automotiva.

No ano de 2014, o projeto de Materiais Compósitos foi proposto para 32 alunos, com ênfase no processo de *hand lay-up* (moldagem manual), tendo os alunos pouca liberdade de escolha de tecidos de reforço e de resina polimérica. Em 2015, o projeto foi aplicado para uma turma maior (aproximadamente 46 alunos), com ênfase no processo de infusão a vácuo, processo que vem substituindo os métodos manuais no meio industrial em função da sua maior reprodutibilidade, padronização e superior qualidade do produto final.



Devido à sua aplicabilidade, este projeto possibilita a aplicação dos conhecimentos em atividades extracurriculares (iniciativas), das quais muitos dos alunos do primeiro ano já participam, como Baja, Aerodesign, Rocket Design e Fórmula ITA. A proposta é que os grupos tenham liberdade de sugerir o preparo de peças em materiais compósitos na disciplina QUI-28, e que estas possam ser úteis na melhoria do desempenho dos veículos projetados pelas iniciativas. No entanto, apesar do objetivo deste projeto não ser a entrega de produtos finalizados, mas sim, o estudo das melhores composições e formas que possam levar à produção de materiais mais eficientes, a chance de testar seus materiais nas iniciativas representa uma motivação a mais para os alunos.

Como os principais conceitos de materiais compósitos e o processo de moldagem por *hand lay-up* já foram apresentados aos alunos em QUI-18, serão mostrados outros aspectos importantes para o projeto, como a reação de cura da resina epóxi, sendo que eles deverão estudar esta reação durante o projeto, de forma a obter o tempo de gel e tempo e temperatura de cura da resina/agente de cura que irão trabalhar. Desta forma, serão introduzidos conceitos de cinética e termodinâmica química da reação de cura de um sistema epóxi / agente de cura. Os alunos também terão a opção de utilizar a técnica de calorimetria exploratória diferencial (DSC; instalação apoiada na chamada T61/2015) para estudar a reação de cura da resina.

Assim, os alunos deverão buscar informações na literatura para propor seus projetos de Materiais Compósitos, escolhendo:

- Um produto final (associado às iniciativas do ITA)
- Molde para o produto final: como confeccionar
- Tipo de reforço
- Tipo de resina
- Quantidade de camadas do reforço
- Forma de empilhamento das camadas do reforço
- Proporção agente de cura / resina epóxi
- Tempo e temperatura para reação de cura

Para a execução do projeto de Materiais Compósitos, faz-se necessária a aquisição dos materiais / equipamentos discriminados na Tabela 3 para equipar de forma adequada o Laboratório de Ensino de Química do ITA.

Ensaio mecânicos poderão ser realizados na Divisão de Engenharia Mecânica do ITA, de forma a verificar as propriedades finais do material confeccionado. Os alunos



também terão a opção de verificar a superfície de fratura dos corpos de prova após os ensaios de tração no microscópio eletrônico de varredura (MEV), verificando, assim, a homogeneidade e adesão fibra/matriz dos compósitos produzidos por eles, sempre tentando correlacionar os resultados com as características físico-químicas dos compósitos produzidos.

Tabela 3: Previsão de custos para execução do projeto de Materiais Compósitos.

Material	Qtde	Unidade	Preço unitário	Preço total
Tecido de fibra de carbono 200 g/m ²	13	m ²	R\$ 169,24	R\$ 2200,00
Tecido de aramida 200 g/m ²	13	m ²	R\$ 61,54	R\$ 800,00
Resina + agente de cura	20	kg de resina		R\$ 2000,00
Materiais para contra-molde/molde	6	Por grupo	~R\$ 500,00	R\$ 3.000,00
Desmoldante PVA	3	L	R\$ 9,00	R\$ 27,00
Filme desmoldante	50	m ²	R\$ 1,50	R\$ 75,00
Núcleo Divinylcell (espuma PVC)	6	m ²	R\$ 114,82	R\$ 688,90
Pincel	12	Unidade	R\$ 5,00	R\$ 60,00
Roleta fura bolha	6	Unidade	R\$ 18,20	R\$ 109,20
Roleta espalhar/tira bolha	6	Unidade	R\$ 16,48	R\$ 98,88
Acetona	10	L	R\$ 25,00	R\$ 250,00
Palito	5	Pacote 100	R\$ 7,00	R\$ 35,00
Luva Latex	10	Caixa 100	R\$ 30,00	R\$ 300,00
Máscara descartável	5	Caixa 100	R\$ 10,00	R\$ 50,00
Fita bambam	10	Rolo 15 m	R\$ 40,00	R\$ 400,00
Peel Ply	30	m ²	R\$ 5,50	R\$ 165,00
Filme perfurado	30	m ²	R\$ 4,83	R\$ 144,90
Resin air flow	30	m ²	R\$ 5,18	R\$ 155,40
Filme vácuo	50	m ²	R\$ 6,33	R\$ 316,50
Adesivo super 77	1	500 mL	R\$ 57,34	R\$ 57,34
Mangueira cristal 1/2 x 3 mm	15	m	R\$ 3,26	R\$ 48,90
Spiraduto branco 1/2	15	m	R\$ 2,30	R\$ 34,50
T 1/2	80	Unidade	R\$ 1,13	R\$ 90,40
Espigão 1/2	80	Unidade	R\$ 0,75	R\$ 60,00
Registro metal 1/2	40	Unidade	R\$ 6,38	R\$ 255,20
TOTAL				R\$11.422,12



PROJETO 3: Materiais Cerâmicos

Características de materiais cerâmicos tais como massa específica baixa, condutividade térmica baixa, resistência mecânica e à corrosão e, eventualmente, condutividade elétrica, possibilitam sua utilização em diversas aplicações e em diferentes áreas de conhecimento. A utilização de materiais cerâmicos para fins tecnológicos se dá desde tubos de motores foguete, turbinas, circuitos integrados, membranas para purificação, membranas condutoras em células combustíveis, até como catalisadores de diversas reações químicas economicamente importantes. As propriedades dos materiais cerâmicos e a vastidão de suas aplicações motivam a introdução de pelo menos um processo de fabricação de materiais cerâmicos no ensino experimental de química para os alunos de graduação do ITA. Adicionalmente, um projeto desta natureza permite desenvolver e utilizar na prática conceitos físico-químicos envolvidos em síntese química, processos de separação, interações químicas, caracterização de materiais cerâmicos, etc.

Neste projeto propõe-se a síntese, caracterização e utilização de materiais cerâmicos semicondutores, nanoparticulados, para servirem de catalisadores na reação conhecida como *water splitting*, ou seja, produção de gás hidrogênio (H_2) a partir da água utilizando luz solar como fonte de energia. Um processo fotocatalítico de produção de combustível limpo (H_2) a partir de luz solar é extremamente atraente, pois utiliza uma fonte de energia largamente abundante e renovável.

Na primeira metade do semestre serão realizadas pelos alunos a síntese e caracterização de semicondutores que servirão como fotocatalisadores na reação de *water splitting*. É imprescindível que o fotocatalisador a ser utilizado nesta reação tenha alta área superficial específica, o que implica em obter tal fotocatalisador finamente dividido em partículas de tamanho nanométrico. Portanto, os alunos terão contato com técnicas de síntese química de nanopartículas. Para a caracterização das nanopartículas obtidas, além da instrumentação disponível no ITA, será necessária também a instrumentação científica disponível na Divisão de Materiais do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE). A interação dos alunos do ITA com o parque instrumental científico do IAE é um diferencial deste projeto, não apenas por contribuir para tornar mais sólida e atual a formação científica de nossos alunos, mas também porque coloca em contato os recursos humanos bem qualificados do ITA com uma importante instituição do setor aeroespacial brasileiro que tem necessidade de mão-de-obra científica qualificada.



Na segunda metade do semestre, os alunos serão estimulados a variar as condições de síntese de nanopartículas que aprenderão durante a primeira metade do semestre, e testarão o desempenho dos fotocatalisadores sintetizados por eles na reação de *water splitting*. Os alunos deverão ser capazes de entender as consequências das modificações propostas por eles nas condições de síntese dos nanocatalisadores, no que se refere às suas características morfológicas e estruturais e em seu desempenho como fotocatalisador. Os alunos serão então desafiados a entender e discutir as dificuldades de natureza físico-química para um bom rendimento da reação de *water splitting* e a propor modificações químicas na estrutura e/ou superfície dos fotocatalisadores visando o melhor aproveitamento da luz e aumento da quantidade de hidrogênio produzida por hora na reação de *water splitting*.

Para a realização de um projeto desta natureza é imprescindível a disponibilização dos seguintes materiais e equipamentos nos laboratórios do Departamento de Química do ITA:

Tabela 4: Previsão de custos para execução do projeto de Materiais Cerâmicos.

	Valor unitário	Qtde	Total
Reagentes			
Hexacloroplatinato de potássio (100 g)	R\$ 4.380,00	1	R\$ 4.380,00
Fio de paládio	R\$ 1.980,00	1	R\$ 1.980,00
Eletrodos de platina	R\$ 320,00	10	R\$ 3.200,00
Vidro ITO	R\$ 57,00	10	R\$ 570,00
Cloreto de cálcio anidro	R\$ 500,00	1 kg	R\$ 500,00
Equipamentos			
Fotorreatores em borosilicato com trocador de calor e luva de quartzo para lâmpada UV e vedação em tampa de teflon	R\$ 2.200,00	10	R\$ 22.000,00
Lâmpadas ultravioleta e starters	R\$ 360,00	10	R\$ 3.600,00
Chapa com aquecimento e agitação	R\$ 1.200,00	2	R\$ 2.400,00
Outros			
Óculos de segurança em policarbonato	R\$ 20,00	40	R\$ 800,00
Total do Projeto			R\$ 39.430,00



PROJETO 4: Processamento e injeção de propelente sólido para motor de sondagem

Como resultado do projeto desenvolvido em QUI-28/2014, no qual os alunos foram estimulados a projetar e estudar foguetes monoestágio de propulsão a água, iniciou-se uma interação com o grupo da iniciativa do Rocket Design. Neste ínterim, trabalhou-se com a equipe ITA Rocket na produção e injeção de propelente sólido em motores de sondagem utilizando sorbitol e nitrato de potássio como matérias-primas na formulação do propelente. Ou seja, foi desenvolvido um processo mecanizado de produção do propelente que, após injeção no tubo motor foguete, foi testado em bancada. Também, amostras deste propelente foram caracterizadas sob o aspecto balístico no Laboratório Feng em parceria com a Divisão de Engenharia Aeroespacial do ITA.

Entretanto, para uso aeroespacial, é necessário continuar o desenvolvimento do processo de produção e injeção do propelente para alcançar a classe de motores de sondagem que poderão ser utilizados pelos alunos da graduação em competições nacionais e internacionais. Desta forma, pretende-se aumentar o conhecimento acerca da propulsão química como base nos projetos futuros na área aeroespacial que empregam motores sólidos.

A produção de propelente sólido, com características desejáveis para utilização no setor aeroespacial, pode alavancar ideias, ajudar a desenvolver habilidades, conceitos químicos e opiniões motivadoras ao ensino de química experimental e ajudar a despertar nos alunos a consciência sobre o futuro do país.

Desta forma, uma primeira proposta é continuar a utilizar o tema de foguete de sondagem para desenvolver conceitos químicos na Disciplina QUI28 e a ensinar processos químicos utilizados na síntese de propelentes, enfocando processos de obtenção de formulações utilizáveis no setor aeroespacial.

Para a realização de um projeto desta natureza, os seguintes materiais e equipamentos são necessários:



Tabela 5: Previsão de custos para execução do projeto de Processamento e injeção de propelentes.

Item	Valor Unitário	Qtde	Total
Sorbitol	R\$ 28,20	25 kg	R\$ 705,00
Nitrato de potássio	R\$ 5,40	50 kg	R\$ 270,00
Sílica gel			R\$ 200,00
Tarugos de aço			R\$ 600,00
Tarugos de alumínio			R\$ 300,00
Parafusos			R\$ 225,00
Manta nitrílica			R\$ 105,00
Pulseira anti-estática			R\$ 100,00
Bancada de testes	R\$ 300,00	2	R\$ 600,00
Fogão elétrico	R\$ 120,00	2	R\$ 240,00
Bomba de vácuo	R\$ 1.000,00	1	R\$ 1.000,00
Termopares			R\$ 700,00
Banho termostático	R\$ 8.500,00	2	R\$ 17.000,00
Total do Projeto			R\$ 22.045,00

SUBPROJETO: Processamento de sinais biológicos

Sinais Biológicos/Biosinais Elétricos são geralmente registrados como diferenças de potencial, voltagens ou intensidade de campos elétricos gerados por nervos ou músculos. As amplitudes envolvidas no processo de captação apresentam baixos valores (faixa de $1\mu\text{V}$ a 100 mV), coletadas em fontes de alta impedância e, via de regra, imersas em meios poluídos por fontes de interferência e superpostas por fontes de ruído térmico. Portanto, são sinais que demandam tratamento matemático/eletrônico de amplificação, filtragem, casamento de impedâncias, desacoplamento eletromagnético e isolamento galvânico e, também, que garanta proteção/segurança para as respectivas fontes geradoras (pacientes).

O domínio tecnológico deste Subprojeto requer a compreensão dos fundamentos de Eletroquímica, tanto em sua versão conceitual, quanto experimental, do funcionamento (fisiologia) das membranas biológicas, bem como dos respectivos modelos matemáticos que explicam a geração de fenômenos elétricos em sistema vivos.

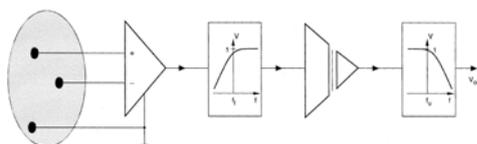
Com o objetivo de se aprofundar o conhecimento dos fenômenos elétricos em células excitáveis, será conduzido, em paralelo ao desenvolvimento instrumental, um curso com carga horária total prevista de 65 horas (Fundamentals of Neurosciences – Part 01: Electrical



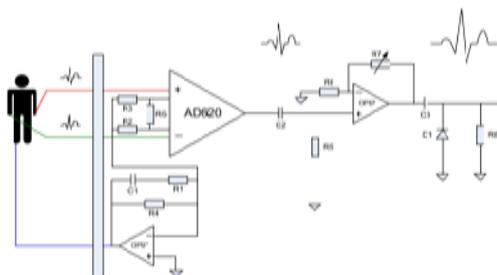
Properties of the Neuron), em modalidade de MOOC (Massive Open Online Course) disponibilizado na plataforma educacional <https://www.edx.org/>, pela Harvard University (<https://www.edx.org/course/fundamentals-neuroscience-part-1-harvardx-mcb80-1x-0>).

A monitoria (Blending) e avaliação de aproveitamento será exercida pela coordenação do Subprojeto em reuniões presenciais semanais (90 min) e por meio das atividades e exames propostas pelo staff do Professor Titular David Cox. O livro texto para acompanhamento do curso é editado pelo Professor John H. Byrne da Texas University – McGovern Medical School, também disponibilizado na Internet (<http://neuroscience.uth.tmc.edu/index.htm>).

Em termos instrumentais, será construída uma série (5 unidades) de Amplificadores de biopotenciais para sinais de ECG, em conformidade com os requisitos delineados acima e com arquitetura em 05 estágios (vide figura abaixo).



- i. Transdução, sendo constituído por eletrodos de cloreto de prata (AgCl) que se encarregam de transformar o sinal biológico do ECG em voltagem, ou seja, converte um potencial eletroquímico dependente do espaço-tempo (condução em volume) em uma diferença de potencial elétrico (ddp), perfeitamente tratável com recursos matemáticos e eletrônicos simples (condução em parâmetros concentrados).
- ii. Amplificador Operacional (Instrumentation Amplifier - IA), projetado e construído com: alta impedância de entrada; alta rejeição de modo comum (CMRR); alto ganho; e baixa resistência de saída. Será utilizado preferencialmente um módulo de IA da Analog Devices – ADAS1000, mas poderão ser utilizados módulos da SiliconLabs - AN614, da Texas Instruments – ADS 1298 ou da Arduíno.





Nota: O IA adotado deverá conter um elo de realimentação de sinal ao paciente (Right Leg Feedback Drive), representado por uma pequena injeção de corrente para contrabalançar as variações de voltagem em modo comum que ocorrem entre o sistema elétrico e o paciente.

- iii. Bloco de desacoplamento elétrico representado por um foto acoplador óptico (NEC PS-2506) cuja finalidade é a de interromper malhas de aterramento, eliminar indesejáveis conexões com o terra da fonte de alimentação e garantir o isolamento elétrico-galvânico do paciente para evitar sua exposição a choques elétricos ocasionados por sua conexão com outros equipamentos elétricos (desfibrilador e bisturi elétrico).
- iv. Filtros passa-baixas e passa-altas, com a finalidade de eliminar interferências oriundas dos potenciais de meia-célula dos eletrodos, bem como 'offsets' originados no pré-amplificador, além de ruídos de alta frequência.

Os componentes eletro-eletrônicos, partes e peças necessários para a construção de 05 sistemas de eletrocardiografia previstos neste projeto estão discriminados na Tabela 6.

Tabela 6: Previsão de custos para execução do subprojeto de Processamento de sinais biológicos.

Item	Qtde	Preço unitário	Preço total
KITs de Sistemas de Eletrocardiografia: - Referência 'Evaluation EVAL-ADAS1000SDZ' - Desenvolvimento 'Evaluation EVAL-SDP-CB1Z' - Protótipo - cabeça de série - Unidade em série - piloto	5	R\$ 1.400,00	R\$ 7.000,00