

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROPOSTA DE PROJETO DE GRADUAÇÃO**



LUCAS LOPES PROFIRO

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE
PRESSÃO PARA UMA COLUNA DE DESTILAÇÃO ASTM D
2892**

VITÓRIA
2021

LUCAS LOPES PROFIRO

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE PRESSÃO PARA UMA COLUNA DE DESTILAÇÃO ASTM D 2892

Parte manuscrita da Proposta de Projeto de Graduação do aluno **Lucas Lopes Profiro**, apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para aprovação na disciplina ELE08552 – Projeto de Graduação I.

Prof^a. Dra. Carla C. M. Cunha
Coordenadora de Projeto de Graduação

Prof. Dr. Alessandro Mattedi
Orientador

Lucas Lopes Profiro
Aluno

VITÓRIA
2021

RESUMO

Na indústria do petróleo a destilação é um processo essencial, no qual se obtém conhecimento dos dados de distribuição dos pontos de ebulição dos componentes do óleo cru. Esse processo é essencial para analisar a qualidade das frações retiradas. Com a finalidade de obter melhores resultados na destilação, o trabalho propõe a implementação de um controle em uma unidade de destilação ASTM D 2892 com foco no controle de pressão por uma bomba de vácuo e válvula ON/OFF. Essa unidade é uma planta de destilação batelada de petróleo e consiste basicamente em um balão de petróleo cru, uma coluna fracionada, solenoide e condensador. Inicialmente, será feita uma breve introdução dos processos químicos envolvidos, funcionamento da unidade e sobre os recursos de softwares e hardwares que serão utilizados. A metodologia é do tipo descritivo com a abordagem quantitativa e com foco na implementação em caso prático. O processo de destilação será controlado por um sistema de automação PLC-SCADA e uma interface homem-máquina (IHM) utilizando programação em Texto Estruturado. O trabalho discorrerá sobre o petróleo e a importância do controle de pressão desse tipo de planta. Por fim, é esperado a implementação do controle na planta juntamente com a destilação pelos padrões da norma ASTM D 2892.

Palavras-chave: PLC-SCADA. ASTM D 2892. Petróleo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de blocos de malha aberta.....	10
Figura 2 - Diagrama de blocos de malha fechada.....	10
Figura 3 - Coluna de destilação batelada.....	12
Figura 4 - Gráfico da Curva PEV de uma amostra de petróleo.....	15
Figura 5 - Pressão de vapor.....	16
Figura 6 - Influência da pressão externa na pressão de vapor.....	16
Figura 7 - Esquemático da planta.....	17
Figura 8 - Lógica de controle para a manta inferior.....	19
Figura 9 - Lógica de controle para a manta superior.....	20
Figura 10 - Lógica de controle para manta coluna.....	20
Figura 11 - Representação do controle de pressão bomba de vácuo.....	21
Figura 12 - Lógica de controle para controle da pressão.....	21
Figura 13 - Configuração de entrada e saída do sistema.....	22
Figura 14 - Mapa da UFRJ com foco no DOPOLAB.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>American Petroleum Institute</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
ASTM D 2892	<i>Standard Test Method for Distillation of Crude Petroleum</i>
CLP	<i>Controlador Lógico Programável</i>
DOPOLAB	Laboratório de Desenvolvimento e Otimização de Processos Orgânicos
FTMA	Função de Transferência de Malha Aberta
FTMF	Função de Transferência de Malha Fechada
IHM	<i>Interface Homem-Máquina</i>
PEV	Ponto de Ebulação Verdadeiro
PID	Proporcional Integral Derivativo
PLC	Controlador Lógico Programável
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 JUSTIFICATIVA.....	8
3 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS.....	9
3.1 GERAL.....	9
3.2 ESPECÍFICOS.....	9
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
4.1 CONCEITOS DE CONTROLE.....	10
4.1.1 Sistema de controle.....	10
4.1.2 Controle PID.....	11
4.2 MÉTODO ASTM D 2892.....	11
4.3 PETRÓLEO E CURVA PEV.....	13
4.4 PRESSÃO DE VAPOR.....	16
4.5 A PLANTA.....	17
5 METODOLOGIA E ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO.....	19
5.1 LÓGICAS DE CONTROLE PARA AS MANTAS.....	19
5.2 SISTEMA DE CONTROLE DE PRESSÃO.....	20
5.3 PROGRAMAÇÃO DO CONTROLADOR NX3005.....	21
6 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO.....	23
6.1 LISTA E DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES PREVISTAS.....	23
6.2 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO.....	24
7 ALOCAÇÃO DE RECURSOS.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

O petróleo foi descoberto em 1859 e, desde então, começou a ser explorado exponencialmente. Atualmente, existem mais de 1 bilhão de automóveis que utilizam combustíveis provenientes de sua destilação, como: gasolina, óleo diesel, querosene entre outros. A tendência para os próximos anos é que a utilização dessa forma energética seja reduzida e que ocorra a substituição de seus derivados por outros alternativos. Entretanto, é inegável que sua participação é essencial na vida de todas as pessoas e ainda estará presente por muito tempo (CYPRIANO, 2015).

O petróleo cru, extraído da natureza, não pode ser usado diretamente, pois possui uma grande quantidade de hidrocarbonetos e diferentes propriedades químicas. Para que seja possível a separação em outros subprodutos é necessário passar por um processo de destilação fracionada. Esse processo é realizado pelo fenômeno de equilíbrio líquido vapor através de controle de temperatura e pressão (CALDAS, 2007). O problema desse processo é a sua alta complexidade no controle de pressão e temperatura para garantir o perfeito corte do material.

Desde o descobrimento do petróleo e início dos seus estudos, os cientistas desenvolveram normas para garantir uma destilação correta. O padrão de destilação que contempla esse projeto foi realizado pelo *American Society for Testing and Materials* (ASTM) através da norma *Standard Test Method for Distillation of Crude Petroleum* (ASTM D 2892), que descreve os procedimentos de destilação laboratorial para levantamento da curva de pontos de ebulição verdadeiro (curva PEV) para petróleo cru. (GUIMARÃES, 2013)

Durante as últimas duas décadas surgiram pesquisas e implementação de automação SCADA-PLC utilizando o padrão ASTM D 2892, como por exemplo: automação de baixo custo (CREMASCO, 2014), controle em arquitetura SCADA (GUIMARÃES, 2013), sistema de destilação atmosférica de petróleo (MOTA, 2008), acionamento de manta térmica (BASSANI, 2014), controle de temperatura utilizando PLC Micrologix 1100 (DUARTE, 2014), entre outros.

Normalmente, os estudos sobre a destilação ASTM D 2892 possuem foco no controle de temperatura do processo que, de fato, é essencial para que o petróleo não queime e atinja energia

necessária para ebulação para sua destilação. Porém, o controle de pressão também é um ponto chave para esse processo, pois é necessário que o fluido ultrapasse a pressão de vapor para mudar do estado líquido para gasoso (DUARTE, 2014). Além disso, a pressão abaixo da pressão atmosférica garante cortes mais finos de petróleo e, consequentemente, maior proveito do óleo cru.

Esse projeto, de certa forma, é uma continuação de projetos já realizados na Universidade Federal do Espírito Santo, no laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Metodologias para Caracterização de Óleos Pesados (LabPetro), por outros alunos de graduação que foram orientados pelo Prof. Dr. Alessandro Mattedi. Assim, esse projeto terá como base o material gerado por esses alunos já graduados, como, por exemplo o Projeto de Graduação de Bruno Guimarães em 2013. Os projetos passados foram realizados por controladores da Rockwell, usando programação em Ladder pelo RSLogix. Nesse projeto, em particular, será usado controladores programados pelo *software* da Altus: Master Tool e BluePlant.

O projeto seguirá as normas ASTM D 2892, onde está descrito a metodologia para destilação de petróleo cru e será realizado com um protótipo no Laboratório de Desenvolvimento e Optimização de Processos Orgânicos (DOPOLAB) que pertence à Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em parceria com a Petrobrás, e tentará responder as perguntas:

- (a) Como deve ser o controle de pressão durante o processo de destilação.
- (b) Como garantir o controle de pressão durante o processo de destilação de petróleo.
- (c) Como implementar na prática numa planta seguindo as notas ASTM D 2892.

Assim, esse trabalho objetiva responder aos questionamentos anteriores de forma a obter uma destilação pelos padrões da norma ASTM D 2892 e assim contribua também para estudo das propriedades químicas no laboratório que ocorrerá a implementação.

2 JUSTIFICATIVA

O estudo do petróleo e seus derivados é muito importante para a manutenção do abastecimento de combustível para a população, sendo necessária alta tecnologia de controle e automação em seus processos de produção.

Para a realização dos cortes de destilação é necessário que petróleo seja aquecido a temperaturas muito altas, chegando a 300°C. Para que seja possível a exploração de todos os subprodutos gerados pela destilação a temperatura precisa ser ainda mais elevada, o que pode levar a danificação do material, tornando-o assim inviável para destilação e sendo necessário o descarte. O controle de pressão, relacionado à pressão de vapor, é uma forma de permitir que o petróleo atinge seu ponto de ebulação em temperaturas menores.

A pressão de vapor é uma medida de tendência de evaporação de um líquido, ou seja, quanto maior for a sua pressão de vapor, mais volátil será o líquido e menor será a sua temperatura de ebulação. Visto isso, ao diminuir a pressão ambiente de 760mmHg para 2mmHg, atinge-se o ponto de ebulação do petróleo a uma temperatura bem mais baixa, isso promove uma melhor capacidade de destilação, fazendo com que se tenha cortes cada vez mais precisos.

Em estudos como o de CYPRIANO (2015), o controle de pressão foi realizado utilizando a válvula de controle, encontrando grandes desafios na vedação da planta. A distinção deste projeto está na implementação de um controlador lógico programável (CLP) que permite o controle automático de toda a planta com foco principal no controle fino da pressão por uma válvula ON/OFF.

3 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS

3.1 Geral

Projetar e implementar um controle de temperatura e pressão de uma unidade de destilação laboratorial ASTM D 2892.

3.2 Específicos

- Implementar o controle de pressão utilizando uma válvula ON/OFF e controle de temperatura utilizando as mantas inferior e superior.
- Programar um sistema de automação PLC-SCADA usando os *softwares* MasterTool e BluePlant.
- Contribuir para o estudo das propriedades químicas no laboratório onde ocorrerá a implementação.

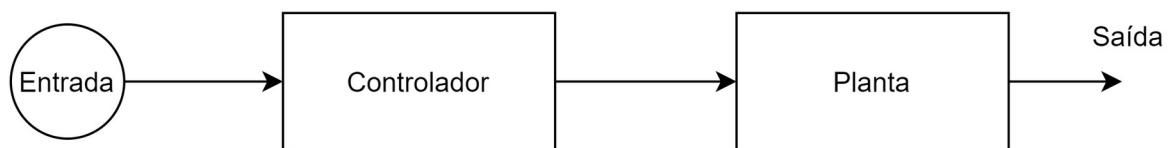
4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Conceitos de controle

4.1.1 Sistema de controle

Uma função de transferência de malha aberta (FTMA) é uma função sem realimentação e sua saída não tem efeito na ação do controle. Isto é, a saída não é realimentada para comparação com a entrada (GOLNARAGHI; KUO, 2012). A Figura 1 mostra o diagrama de blocos de uma FTMA.

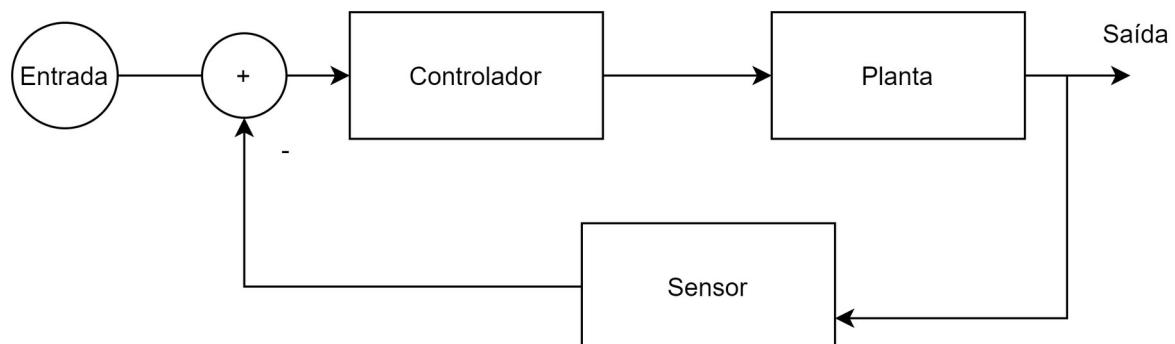
Figura 1 - Diagrama de blocos de malha aberta



Fonte: Produção do próprio autor.

Diferente de uma FTMA, a função de transferência malha fechada (FTMF) possui efeito direto na ação de controle através da realimentação do sinal de saída. O erro é definido pela diferença entre o sinal de entrada e o sinal de realimentação, que normalmente é a variável controlada (GOLNARAGHI; KUO, 2012). A Figura 2 mostra o diagrama de blocos de uma FTMF.

Figura 2 - Diagrama de blocos de malha fechada



Fonte: Produção do próprio autor.

4.1.2 Controle PID

Nesse trabalho, o controlador será um controlador clássico Proporcional Integral Derivativo (PID). O controlador PID é a união dos controladores Proporcional (P), Proporcional Derivativo (PD) e Proporcional Integral (PI). O controlador PD pode aumentar o amortecimento de um sistema sem alterar sua resposta em regime estacionário. O controlador PI pode melhorar a estabilidade relativa e o erro de regime estacionário ao mesmo tempo, porém, o tempo de subida é aumentado. Essas condições motivam o uso do controlador PID de modo que as melhores características de cada controlador, PI e PD, sejam utilizadas (GOLNARAGHI; KUO, 2012). O controle PID é definido pela equação (1).

$$G_c(s) = K_p + K_D s + \frac{K_I}{s} \quad (1)$$

Onde:

K_p : Ganho Proporcional (P)

K_I : Ganho Integral (PI)

K_D : Ganho Derivativo (PD)

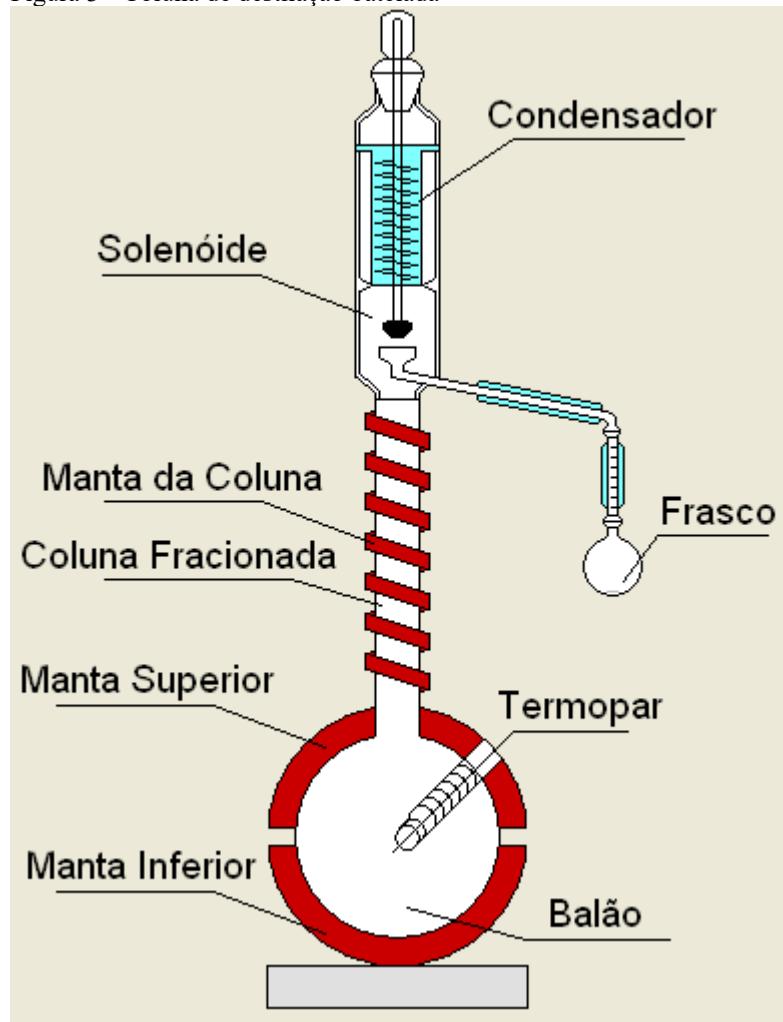
4.2 Método ASTM D 2892

A norma ASTM D 2892 padroniza uma planta de destilação batelada. Ela capaz de providenciar uma estimada do conteúdo das frações de vários intervalos de ebulação do petróleo cru. Essa estimativa é valiosa para a gerência de avaliação tanto na produção como no refino nas empresas do ramo (CYPRIANO, 2015).

A destilação se inicia com extração de frações menos densas de petróleo e termina com extrações mais densas pelo aumento da temperatura de destilação (CREMASCO, 2014). Quando é necessário aumentar muito a temperatura do petróleo, por exemplo acima de 300°C, aumenta-se a pressão interna da planta, para que evite o craqueamento do petróleo. O processo é submetido a baixas pressões e as temperaturas são convertidas em equivalentes atmosféricos em função da pressão (DUARTE, 2014).

A Figura 3 é uma representação de uma coluna de destilação batelada ASTM D 2892. Nela é possível verificar todos os componentes básicos necessários para a confecção da planta, como: condensador, solenoide, frasco, manta da coluna, manta superior, manta inferior e balão.

Figura 3 - Coluna de destilação batelada



Fonte: (GUIMARÃES, 2013)

De acordo com Cypriano (2015), as regras mais importantes a serem seguidas quanto aos equipamentos utilizados para destilação são:

- Frasco de destilação (balão volumétrico) de 1 a 30 litros, sendo que este deve ser pelo menos 50% maior que o volume de petróleo utilizado. Caso o balão seja de vidro, não é recomendado utilizar acima de 10 litros.

- O sistema de aquecimento deve ser realizado por mantas elétricas, sendo que é a manta inferior deve fornecer um terço de sua potência de aquecimento bem ao fundo do balão e o resto espalhado pelas laterais do mesmo.
- Recomenda-se que o aquecimento seja feito por um controlador proporcional, porém também pode ser feito manualmente com um autotransformador variável em cada circuito de aquecimento.
- Potência mínima da manta principal (inferior) deve ser de 0,125 W/mL.
- A parte de cima do balão deve ser coberta com uma manta elétrica para evitar perda de calor. Esta deve ser capaz de fornecer 0,25 W/cm² em tensão máxima.
- Condensador deve ser capaz de condensar essencialmente os compostos de C₄ e C₅ com uma temperatura de -20° C.
- A taxa de refluxo deve ser de 5:1 (relação de abertura e fechamento de solenoide para coleta do vapor condensado) para pressões de 760, 100 e 10 Torr e de 2:1 para 2 Torr.

4.3 Petróleo e Curva PEV

O petróleo é uma mista de centenas de hidrocarbonetos diferentes. De acordo com Mota (2008), a diferente entre os óleos em torno do mundo é a composição de hidrocarbonetos. A tabela 1 tem como objetivo mostrar a composição dos elementos que variam no petróleo encontrado no globo terrestre.

Tabela 1 - Quantidade (percentagem em massa) dos elementos que compõem o petróleo

Elementos	Percentagem em massa (%)
Carbono (C)	83,0 – 87,0
Hidrogênio (H)	10,0 – 14,0
Nitrogênio (N)	0,1 – 2,0
Oxigênio (O)	0,05 – 1,5
Enxofre (S)	0,05 – 6,0
Metal (níquel, vanádio, cobre...)	< 0,1 (<1000 ppm)

Fonte: (RAZI, 2006)

A destilação do petróleo não gera produtos puros, mas misturas de hidrocarbonetos que são chamadas de frações (MOTA, 2008). Pelo processo de destilação é possível construir a curva de Ponto de Ebulação Verdadeiro, conhecida como curva PEV. Através desta curva sabe-se a quantidade de destilado de petróleo para cada ponto de ebulação. A Tabela 2 prevê a utilidade do petróleo destilado para cada ponto de ebulação (LOPES, 2007).

Tabela 2 - Destilado e suas faixas de temperatura

Destilado	Hidrocarbonetos contidos	Faixa de temperatura (°C)
Gás	C ₂ - C ₄	-90 a 1
Gasolina	C ₄ - C ₁₁	-1 a 200
Nafta	C ₄ - C ₁₁	-1 a 205
Combustível de aviação	C ₉ - C ₁₄	150 – 255
Querosene	C ₁₁ - C ₁₄	205 - 255
Diesel	C ₁₁ - C ₁₆	205 - 290
Óleo Combustível Leve	C ₁₄ - C ₁₈	255 - 315
Óleo Combustível Pesado	C ₁₈ - C ₂₈	315 - 425
Graxa	C ₁₈ - C ₃₆	315 - 500
Óleo lubrificante	> C ₂₅	> 400
Óleo Combustível de vácuo	C ₂₈ - C ₅₅	425 - 600
Resíduo	> C ₅₅	> 600

Fonte: RIAZI, 2005

A densidade é a relação entre a massa e o volume de uma determinada substância. A *American Petroleum Institute (API)* é uma escala para indicar a leveza do óleo e descrita pela equação (2) e pelo Quadro 1.

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141,5}{\rho} - 131,5 \quad (2)$$

Quadro 1 - Classificação do °API

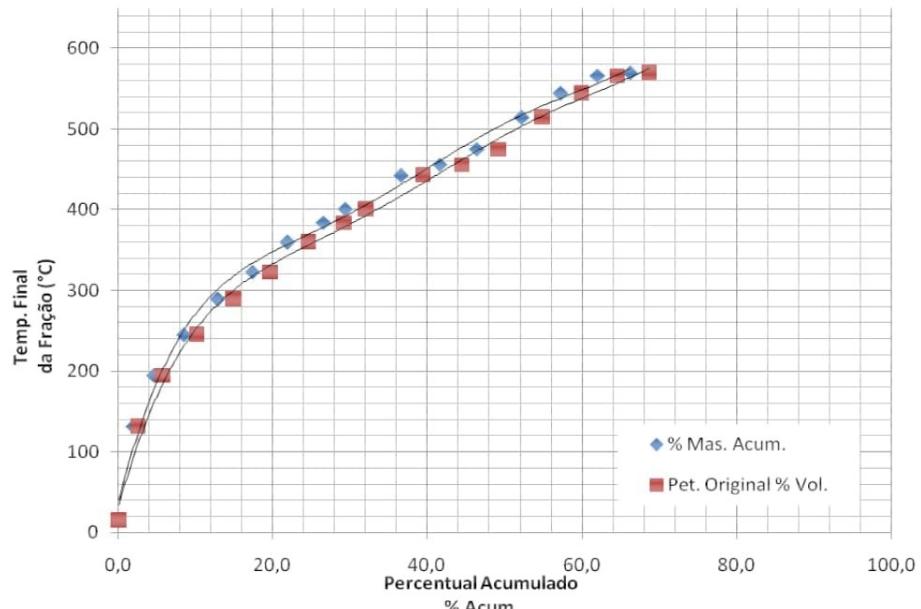
Classificação	°API	Densidade 20/40°C
Extra-Leve	> 40,0	< 0,821
Leve	> 40,0 – 33,0	0,821 – 0,857
Médio	33,0 - 27,0	0,857 – 0,889
Pesado	27,0 - 19,0	0,889 – 0,937
Extrapesado	< 19,0 – 15,0	0,937 – 0,962
Asfáltico	< 50,0	> 0,962

Fonte: (ASTM D 292, 2003)

A curva PEV pode ser observada na Figura 4. Ou seja, a curva PEV é o gráfico das temperaturas de destilação pela porcentagem em massa ou em volume do destilado retirado naquela faixa de temperatura. Com essa curva analisa-se o rendimento, a qualidade e qual a qualidade do petróleo analisado (MOTA, 2008).

De acordo com Lopes e colaboradores (2007), a curva PEV tem grande contribuição para a ciência e tecnologia do petróleo e auxilia na classificação e correlação das propriedades dos produtos do petróleo.

Figura 4 - Gráfico da Curva PEV de uma amostra de petróleo



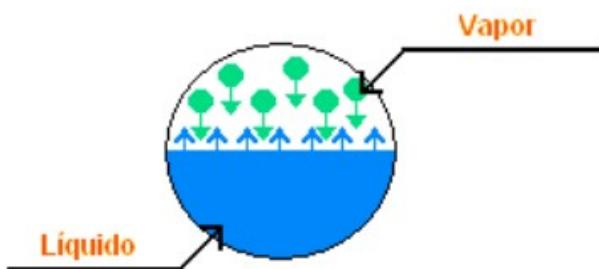
Fonte: (MOTA, 2008)

4.4 Pressão de vapor

A pressão de vapor é a pressão exercida por um vapor quando este está em equilíbrio com líquido que lhe deu origem. Para exemplificar, considere um recipiente fechado onde se coloca uma certa quantidade de água a temperatura ambiente. Ao aquecer o recipiente, as moléculas da superfície do líquido tenderão a evaporar, aumentando a pressão do recipiente.

A Figura 5 pode ser visto esse recipiente fechado com as transformações de estado ocorrendo em seu interior (MOTA, 2008).

Figura 5 - Pressão de vapor

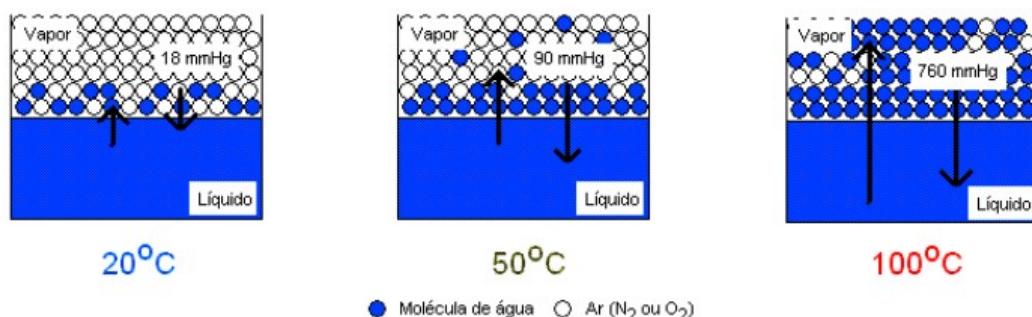


Fonte: (MOTA, 2008)

Então, chega-se a lei fundamental da pressão de vapor, ou seja, a pressão máxima de vapor de um líquido depende somente da natureza do líquido e da temperatura (SILVESTRE, 2005).

Além da temperatura, a pressão externa tem contribuição para a vaporização de um líquido, quanto menor a pressão, mais fácil é a mudança do estado líquido para gasoso. A Figura 6 representa a água num recipiente com pressão de 18mmHg, 90mmHg e 76mmHg, junto ao vetor pressão de vapor.

Figura 6 - Influência da pressão externa na pressão de vapor.

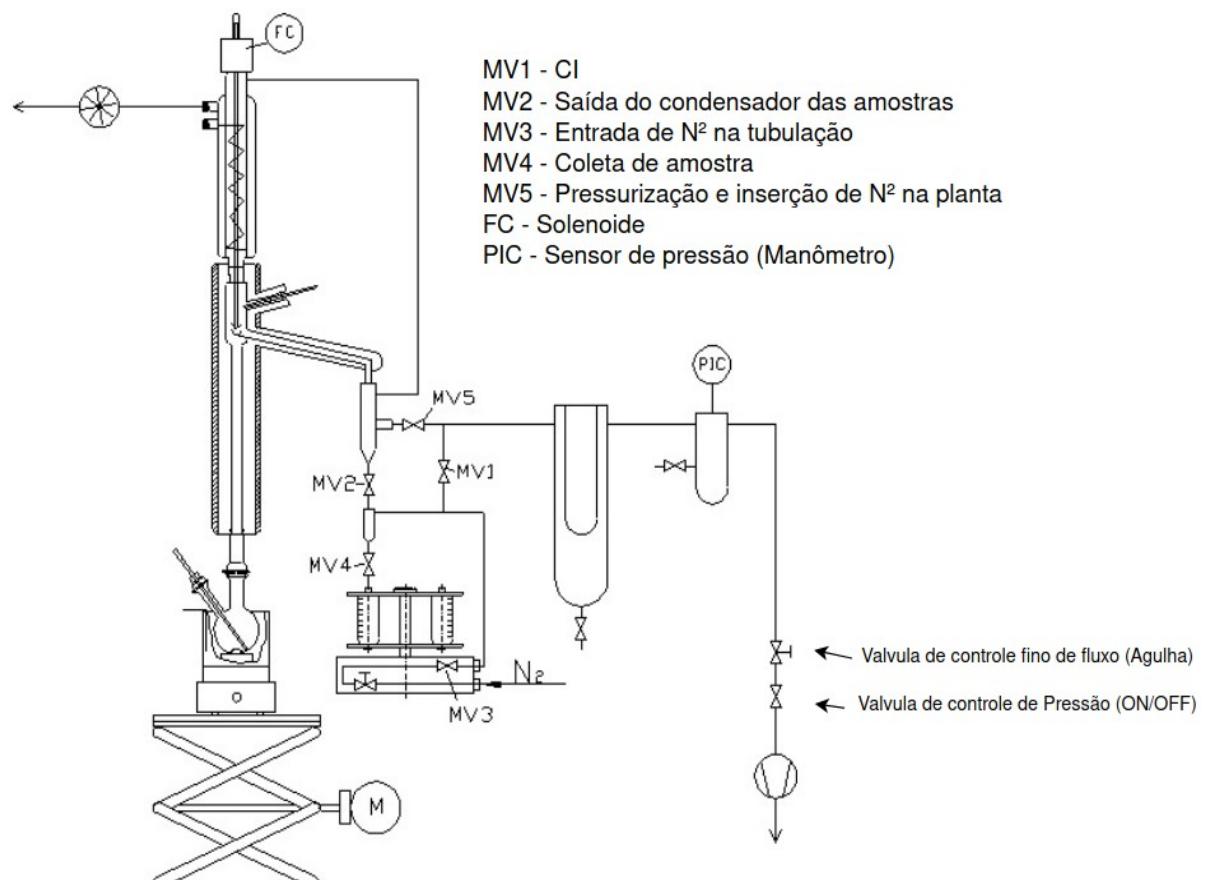


Fonte: (MOTA, 2008)

4.5 A planta

A Figura 7 representa todo o esquemático da planta onde é possível verificar a instrumentação e a lógica do processo. Os controladores de temperatura da manta inferior, manta da coluna e manta superior, dependem da temperatura do petróleo. As aparelhagens utilizadas estão conforme o método ASTM D 2892 de 2003.

Figura 7 - Esquemático da planta



Fonte: Produção do próprio autor.

O processo de funcionamento conta basicamente com os seguintes componentes (GUIMARÃES, 2017):

- Balão de destilação – é o frasco onde se concentra o óleo utilizado para destilação com capacidade de 5L. O mesmo possui um braço lateral que é usado para posicionar um termopar. Esse termopar tem a capacidade de medir a temperatura do líquido e assim alimentar com dados o controlador.

- Sistema de aquecimento – Uma manta inferior e superior aquecem a uma taxa constante a fim de manter uma plena ebulação em todos os níveis de pressão.
- Coluna de Fracionamento – Com diâmetro de interno de 33mm e altura de 500mm, coluna de fracionamento compreende-se de uma coluna de vidro integral sendo totalmente cerrada em uma camisa de vácuo altamente refletiva. Para isolamento, a coluna será envolvida com uma fita de tecido de vidro. Um termopar será preso à parede externa em um nível logo abaixo do divisor de refluxo.
- Extrator – Divisor de refluxo com condensador.
- Coletor de fração – Esse aparelho permite coletar o destilado sem interrupção durante a retirada do produto do receptáculo. A planta pode estar em pressão atmosférica ou reduzida.
- Condensador – O condensador será colocado entre o extrator e o coletor de fração.
- Bomba de vácuo – Uma bomba de vácuo será conectada a planta através de uma válvula ON/OFF a fim de manter a pressão constante definida pelo operador. Ela deve ser capaz de diminuir a pressão para até 2mmHg.

5 METODOLOGIA E ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO

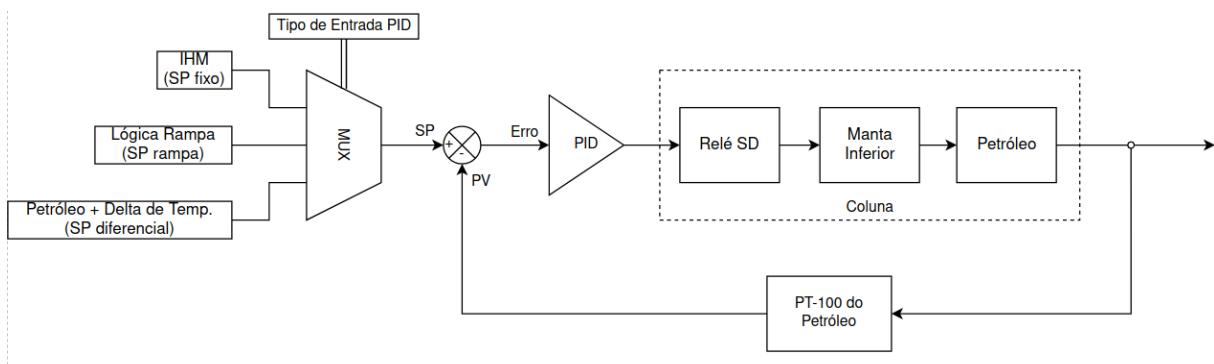
Como abordado no objetivo geral, esse projeto tem como fim implementar um controle de temperatura e pressão de uma unidade de destilação laboratorial. Com isso, será realizada uma pesquisa aplicada em uma planta no laboratório DOPOLAB com o objetivo de gerar conhecimento prático em resolução de problemas.

Através de uma pesquisa descritiva, serão realizados levantamentos e registrados das características do petróleo, como deve ser o processo de destilação e a aplicação de um sistema de controle PLC-SCADA pelo padrão ASTM D 2892. Utilizando a abordagem quantitativa, esse projeto consiste na quantificação dos dados coletados após a implementação do controle na planta.

5.1 Lógicas de Controle para as mantas

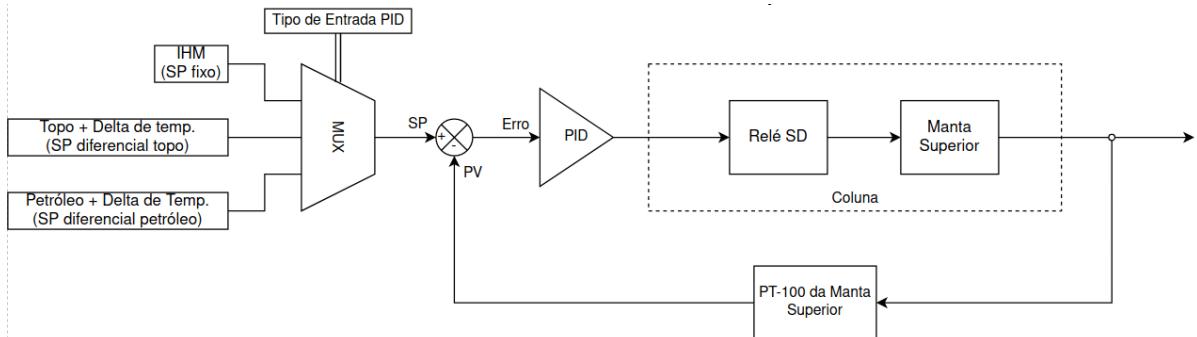
Conforme dito no item 4.5, a planta deverá possuir três mantas de aquecimento. Para cada uma dessas mantas existe uma lógica de controle diferente e um circuito independente (DUARTE, 2014). As Figuras 8, 9 e 10 mostra o diagrama de blocos das mantas inferior, superior e coluna, respectivamente.

Figura 8 - Lógica de controle para a manta inferior



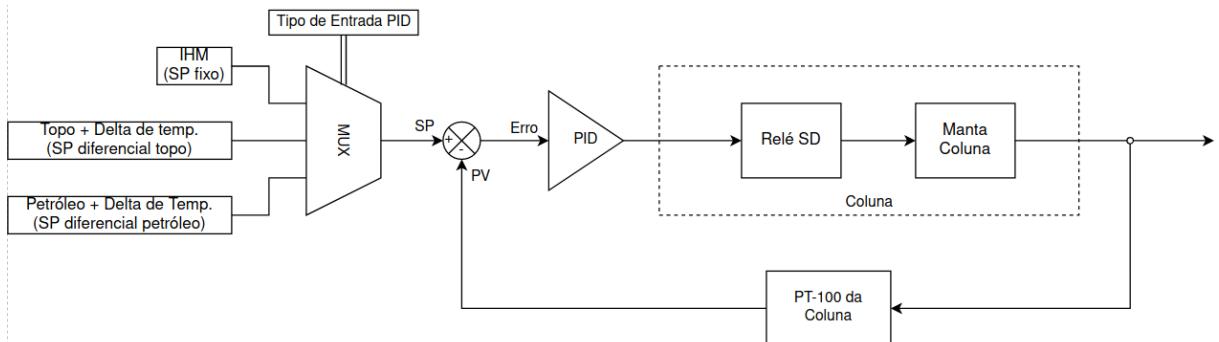
Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 9 - Lógica de controle para a manta superior



Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 10 - Lógica de controle para manta coluna

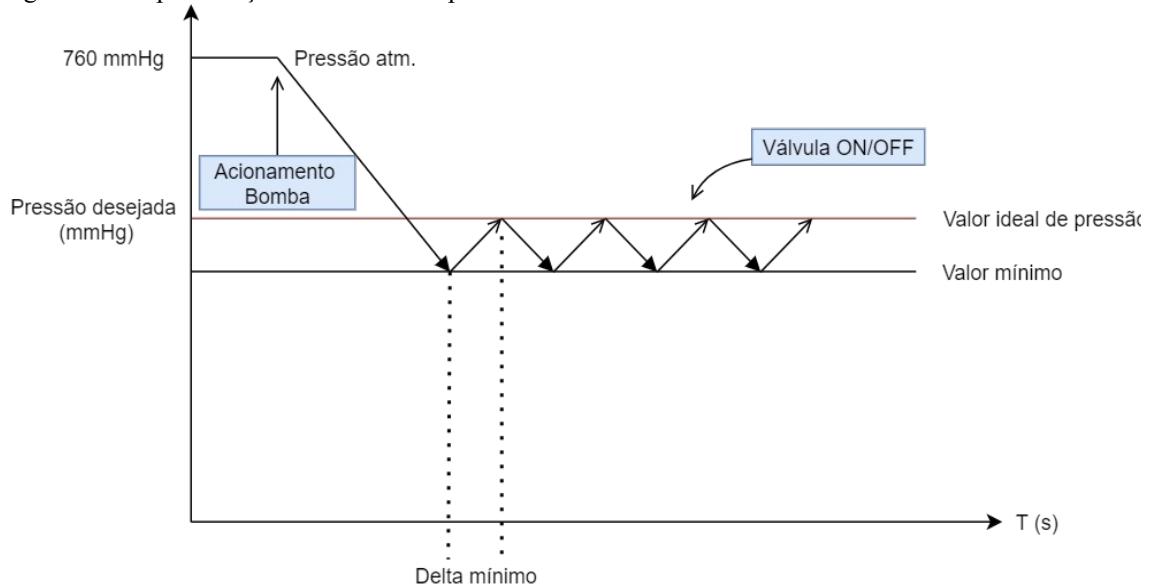


Fonte: Produção do próprio autor.

5.2 Sistema de Controle de Pressão

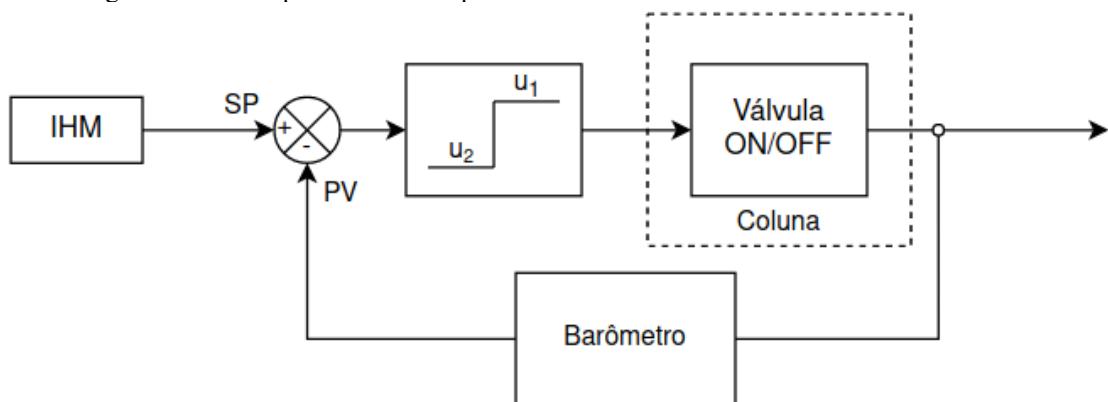
O sistema de controle de pressão funcionará através de uma bomba de vácuo. A bomba de vácuo extraí o gás contido dentro da planta por uma válvula de controle ON/OFF de forma automática. Com isso, sempre que a bomba estiver em funcionamento, a pressão cairá até o valor mínimo definido pelo operador. Ao atingir a pressão mínima, a válvula é fechada até o sensor identificar a pressão desejada e, assim, é ligado novamente. Esse ciclo pode ser visto pela Figura 11 e é representado pelo diagrama de blocos da Figura 12. A definição desse limiar, ou seja, o valor mínimo, dependerá da capacidade da bomba e da resposta aos comandos de abrir e fechar da válvula.

Figura 11 - Representação do controle de pressão bomba de vácuo



Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 12 - Lógica de controle para controle da pressão



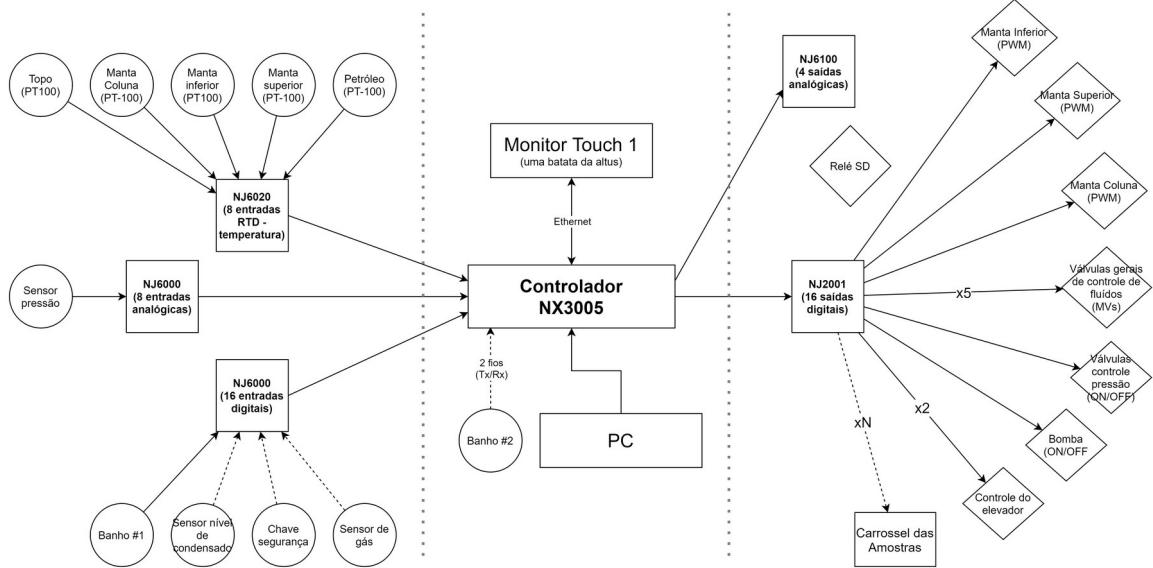
Fonte: Produção do próprio autor.

5.3 Programação do controlador NX3005

Será usado um controlador NX3005 com uma interface homem-máquina (IHM). Esse controlador será programado em Texto Estruturada (ST) pelo software MasterTool disponibilizado pela empresa brasileira Altus. Espera-se que no final, todo o controle seja feito como na Figu-

ra 13 e assim seja possível realizar a destilação em diferentes frações de uma amostra com 5 litros de petróleo cru.

Figura 13 - Configuração de entrada e saída do sistema



Fonte: Produção do próprio autor.

6 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Todas as atividades que estão previstas a serem realizadas durante o desenvolvimento do projeto estão listadas no item 6.1 e podem ser acompanhadas através de cronograma exposto no Quadro 2.

6.1 Lista e Descrição das Atividades Previstas

- 1) **Revisão Bibliográfica:** será realizado uma nova revisão bibliográfica, de forma a buscar por novos resultados acerca do assunto;
- 2) **Estudo de Softwares:** curso ofertado gratuitamente pela empresa Altus. *Softwares MasterTool* e *BluePlant*;
- 3) **Programação de código:** será realizado interpretação, reestruturação e migração de códigos em Ladder de projetos anteriores já citados para Texto Estruturado no *software MasterTool*;
- 4) **Controle Pressão:** será realizado a estruturação e programação do controle de pressão em Texto Estruturado no *software MasterTool*;
- 5) **Controle Válvulas:** será realizado a estruturação e programação de operações com as válvulas em Texto Estruturado no *software MasterTool*;
- 6) **Simulação:** será realizado a definição das regras de simulação antes dos testes em bancada;
- 7) **Teste em Bancada:** será realizado a implementação e testes em bancada com o NX3005 para entendimento prático antes da aplicação na planta;
- 8) **Melhorias:** será realizado uma análise geral do que foi realizado para adição de melhorias e novas funcionalidades;
- 9) **Implementação:** será realizado uma viagem ao Rio de Janeiro para implementação do projeto na unidade no laboratório DOPOLAB;
- 10) **Final:** será realizado a compilação dos resultados e confecção do relatório final do Projeto de Graduação II e apresentação;

6.2 Cronograma de Execução

O projeto aqui apresentado será realizado em aproximadamente cinco meses, conforme o cronograma de execução mostrado no Quadro 2. O projeto terá início no dia 14 de junho, dia de início do período letivo 2021/1 e previsão de término na segunda semana de outubro de 2021.

Quadro 2 – Cronograma de execução das atividades

Meses	Junho 2021				Julho 2021				Agosto 2021				Setembro 2021				Outubro 2021			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisão Bibliográfica																				
Estudo de Softwares																				
Programação de código																				
Controle Pressão																				
Controle Válvulas																				
Simulação																				
Teste em Bancada																				
Melhorias																				
Implementação																				
Final																				

Fonte: Produção do próprio autor.

7 ALOCAÇÃO DE RECURSOS

Para a realização deste projeto, serão necessários os seguintes recursos:

- a) Material bibliográfico como artigos e trabalhos acadêmicos que possam aprimorar o conteúdo e conhecimentos a cerca do tema. Esse material terá como base Projetos e Graduação realizados pela Universidade Federal do Espírito Santo, *Google Scholar* e outros meios *on-line* e gratuitos.
- b) *Software* de programação e controle MasterTool e BluePlant que são gratuitos oferecidos pela empresa brasileira Altus. Através desses softwares serão programados e coleto dados da planta.
- c) Curso de formação em MasterTool e BluePlant, que serão oferecidos pela Altus de forma gratuita.
- d) Como o projeto será executado em uma planta de destilação em batelada de petróleo, será necessário toda a instalação da planta no laboratório. Ela está localizada no laboratório DOPOLAB, na cidade do Rio de Janeiro. A Figura 14 mostra a localização do laboratório no mapa. O custo de deslocamento será realizado pelo aluno, tomando todos os cuidados necessário pela situação atual de pandemia.

Figura 14 - Mapa da UFRJ com foco no DOPOLAB



Fonte: Google Maps

- e) Os equipamentos que serão necessário para a realização do projeto, foram adquiridos pelo laboratório DOPOLAB. Dentre essas peças pode-se destacar os seguintes itens básicos:
- Balão Volumétrico de vidro de 5 litros
 - Coluna de vidro
 - Circuito de refrigeração
 - Válvula solenoide elétrica 220V
 - Condensadores de 220V
 - Bomba de vácuo de 0.5CV e 220V - 220 litros/minuto.
 - Carretel e frascos para colheita do material destilado
 - Manta térmica inferior de 750W a 220V
 - Manta térmica superior de 245W a 220V
 - Fita térmica da coluna de 200W a 220V
 - Sensores de temperatura (PT 100 e termopares)
 - Painel de controle

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM Method D 2892-03a. **Standard Test Method for Distillation of Crude Petroleum;** (15-Theoretical Plate Column), West Conshohocken, PA, USA: American Society for Testing and Materials, 2003.
- BASSANI, R. V. G.; **Projeto de um Sistema de Acionamento de Manta Térmica para Automação de uma Coluna de Destilação Batelada**, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.
- CREMASCO, T. R.; **Automação de uma Coluna de Destilação Usando Acionamento PWM de Mantas Térmicas em um Micrologix 1100**, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.
- CYPRIANO, M. V. G.; **Implementação de Um Sistema de Automação e Controle de Temperaturas para uma Coluna de Destilação Batelada**, 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.
- DUARTE, N. A. Jr.; **Automação dos Controles de Temperatura de uma Coluna de Destilação ASTM D 2892 Usando um PLC Micrologix 1100**, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.
- GOLNARAGHI, F. M.; KUO, B. C. **Sistemas de Controle Automático**, 9 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- GUIMARÃES, B. S.; **Projeto de um Sistema de Controle em Arquitetura SCADA para uma Coluna de Destilação Batelada**, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.
- LOPES, M. S.; Winter, A.; Batistella, C. B., Filho, R. M., Maciel, M. R. W., Medina, L. L **Curvas de Destilação Obtidas Pelo Processo de Destilação Molecular (PEV-Ponto De Ebulação Verdadeiro)**, 2007. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, 2007.
- MOTA, M. F. B; **Implantação de um Sistema de Destilação Atmosférica de Petróleos no LabPetro-UFES e Estudos Quimiométricos de Frações**, 2008. Dissertação (Mestrado em Química) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.
- RIAIZI, M. R. **Caracterization and Properties of Petroleum Fractions**. ASTM Stock Number: MNL50, First Edition, USA, Philadelphia, PA, 2005.