

**Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
PUC-SP**

WALTER PICHİ JUNIOR

Aplicações do STEM utilizando kit educacional para simulações em
situações de aprendizagem

Doutorado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital

SÃO PAULO

2018

**Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
PRPG – Secretaria Acadêmica da Pós graduação**

WALTER PICHI JUNIOR

Aplicações do STEM utilizando kit educacional para simulações em
situações de aprendizagem

Doutorado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital

Tese apresentado à Banca Examinadora da Pontifícia
Universidade Católica de São Paulo, como exigência
parcial para obtenção do título de Doutor em
Tecnologias da Inteligência e Design Digital, sob
orientação do Prof. Dr. Daniel Couto Gatti.

São Paulo

2018

Banca examinadora

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa teve o suporte da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), através do PRODUSC (Programa de Suporte à Pós Graduação de Instituições Comunitárias de Ensino Superior) com a bolsa concedida (Modalidade II (taxa)) – doutorando - sob o número do processo 88887.150098/2017-00, que foi essencial para permitir o andamento e conclusão do curso de doutorado e assim resultar na entrega desta tese como relatório final de pesquisa.

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a oportunidade de escrever o meu **muito obrigado** a todos de me ajudaram a realizar este trabalho de forma direta ou indireta; se fosse citar todos os nomes poderia esquecer de alguém que realmente não merecia ser esquecido, ou passar despercebido, pois toda colaboração foi muito valiosa para a realização deste trabalho.

Agradeço o pessoal da FATEC SP pela oportunidade de mostrar os tópicos abordados

Ao pessoal da USP pelo uso do microscópio eletrônico.

A PUC SP pela oportunidade do trabalho.

Uma pessoa a quem tenho muito respeito, e que deu a oportunidade de aprender e me ajudar muito nesse trabalho, foi a Malu. Se tivesse de escrever meus agradecimentos, entre outros fatores, levaria pelo menos umas três, quatro folhas de agradecimento **muito obrigado.**

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um kit de ensino utilizando modelos simples (mockups), mas miniaturizados, de colunas cromatográficas, aquecidas ou não. O desenvolvimento utilizou material de baixo custo e a abordagem do “faça você mesmo”. Os testes de desempenho das colunas e respectivo kit demonstraram que o sistema é reprodutível e que pode ser utilizado para o ensino de conceitos sobre manipulação de fluidos, difusão e dessorção, entre outros.

O kit tem por finalidade favorecer a fácil manipulação, dos componentes que o compõe e a interligação dos mesmos, propondo novas inovações além de vantagens para a aprendizagem dos conceitos de ABP e STEM

Palavras chave: mecânica dos fluidos, kits, miniaturização, ABP, STEM

ABSTRACT:

The objective of this work was the development of a teaching kit using simple, mockups, but miniaturized models of chromatographic columns, whether heated or not. Development utilized low-cost material and the do-it-yourself approach. The performance tests of the speakers and their kit demonstrated that the system is reproducible and can be used to teach concepts about fluid manipulation, diffusion and desorption, among others.

The purpose of the kit is to facilitate the easy manipulation of its components and their interconnection, proposing new innovations as well as advantages for learning the concepts of ABP and STEM

Key words: fluid mechanics, kits, miniaturization, ABP, STEM

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Etapas da ABP	30
Figura 2.2	Framework típico de introdução do STEM no nível secundário	33
Figura 2.3	Interação entre os temas utilizados	43
Figura 3.1	Desenvolvimento do kit	44
Figura 3.2 (a) e (b)	Etapas abordadas	48
Figura 3.3	Condições para serem consideradas no projeto / processo	49
Figura 3.5(d) a (d)	Conjunto suporte	57
Figura 3.6 (a) a (d)	Conjunto válvulas e suporte	58
Figura 3.7(a) a (d)	Conjunto colunas sem aquecimento	60
Figura 3.8(a) a (d)	Conjunto colunas com aquecimento	62
Figura 3.9(a) a (f)	Conjunto fabricação coluna aquecimento	63
Figura 3.10 (a) a (f)	Conjunto coluna capilar e compressor de ar	66
Figura 3.11(a) a (d)	Conjunto base de fixação	68
Figura 3.12(a) e (b)	Conjunto bolhometro	69
Figura 3.13(a) a (g)	Conjunto sensor e fixadores	71
Figura 4.1	Roteiro para experiência	75
Figura 4.2(a) e (b)	Tela do computador e pasta destino	76
Figura 4.3	Configuração dos parâmetros	77
Figura 4.4	Configuração dos parâmetros	77
Figura 4.5	Numero de amostras	78
Figura 4.6	Determinação da porta de acesso	78
Figura 4.7	Vista da plataforma montada	78
Figura 4.8	Monitoramento de aquecimento	79
Figura 4.9 (a) e (b)	Início e final da temperatura	80
Figura 4.10	Dados registrados no computador	80
Figura 4.11	Parte da tabela do excel no computador	81
Figura 4.12	Designação dos tempos de amostrados	81
Figura 5.1	Equipamento para ensino de cromatografia	84
Figura 5.2	Simbologia reator de batelada	87

Figura 5.3	Simbologia reator de fluxo contínuo	87
Figura 5.4(a) a (c)	Reator de batelada	89
Figura 5.5	Inserção de 10 μL	90
Figura 5.6	Inserção de 30 μL	90
Figura 5.7	Inserção de 50 μL	90
Figura 5.8	Tipos de reatores de fluxo contínuo	92
Figura 5.9 (a) a (c)	Tipos de reatores	93
Figura 5.10	Resultados típicos dos reatores	93
Figura 5.11(a) a (c)	Reatores utilizados para testes	97
Figura 5.12 (a) a (c)	Uso dos compressores	98
Figura 5.13 (a) e (b)	Bolhometro	99
Figura 5.14	Base e piso usados no kit e fixadores	100
Figura 5.15	Sensor e aquisitor de dados	101
Figura 5.16	Sensibilidade em função do comprimento	102
Figura 5.17	<i>Layout</i> do projeto	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Paralelo entre o disciplinar e o transdisciplinar	20
Tabela 2.2	Requisitos para professor e aluno no ensino convencional e a ABP	31
Tabela 2.3	Vários desenvolvimentos do STEM	36
Tabela 3.1	Sumário das etapas percorridas nesse trabalho	45
Tabela 3.2	Sumário das etapas de metodologia de projeto	46
Tabela 5.1	Funcionalidades requeridas ao novo <i>kit</i> didático	85
Tabela 5.2	Conteúdo e modo de ensino do <i>kit</i>	108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Aprendizagem baseada em problemas
STEM	<i>Science Technology Engineering and Mathematics</i>
EPT	Ensino profissional técnico
COVs	Compostos orgânicos voláteis
CESD	<i>Cooperative Experimental System Development</i>
JAD	<i>Joint Application Development</i>
TEOS	Tetraetilortossilicato
SWOT	S- limitação, W – possibilidade, O - situações incomuns, T- dificuldades

SUMÁRIO

1	Introdução	14
2	Cenário das metodologias ativas aplicadas ao ensino de engenharia	18
2.1	Fundamentação teórica	18
2.2	Metodologias de aprendizagem	20
2.3	Metodologias ativas de ensino aprendizagem	21
2.3.1	Aprendizagem significativa	23
2.3.2	Metodologias	23
2.3.3	Educação Profissional	25
2.3.4	Metodologia ativa	25
2.3.5	Aluno	26
2.3.6	Aprendizagem baseada em problemas ABP	28
2.3.7	Adequação de métodos ativos no ensino de engenharia	28
2.3.8	STEM	31
2.4	Kits didáticos como ferramentas	36
2.4.1	A definição de um <i>KIT</i>	37
2.5	Aspectos tecnológicos	38
2.5.1	Miniaturização	38
2.5.2	Mini Labs	39
2.5.3	Compostos orgânicos voláteis	40
2.6	Comparação entre ABL e STEM	41
3	Desafios do processo	44
3.1	Metodologia de projeto e processo	45
3.2	Metodologia de processo e uso	53
3.3	Confecção do <i>KIT</i>	56
3.3.1	Suporte e fixação	56
3.3.2	Coluna sem aquecimento	59
3.3.3	Coluna com aquecimento	61
3.3.4	Coluna capilar	65
3.3.5	Base de polipropileno e base de madeira	67
3.3.6	Bolhometro	69

3.3.7	Sensor e aquisitor	69
4	Uso de <i>KITs</i> de ensino na aprendizagem	72
4.1	O uso do kit com aprendizagem	72
4.2	Análise dos resultados	73
4.3	Roteiros para experiência	75
5	Análise e resultado da aprendizagem	83
5.1	<i>Kit</i> educacional condições de contorno	83
5.1.1	Considerações sobre o <i>layout</i>	87
5.2.	Montagem de partes e primeiros testes	87
5.2.1	Reatores	87
5.2.1.1	Reator de batelada	88
5.2.1.2	Reator de fluxo contínuo	91
5.2.2	Resultados obtidos	94
5.3	Ilha de manufatura	95
5.3.1	<i>Layout</i> do conjunto	99
5.3.2	Detectores e sistema de aquisição	101
5.3.3	Limitação do cabo	101
5.3.4	Montagem do <i>Kit</i>	103
5.4	Testes finais do <i>Kit</i>	105
6	Conclusão e trabalhos futuros	109
	Referências	113
Anexo A	Diluição dos reagentes	125
Anexo B	Reatores de fluxo contínuo e empacotado	129
Anexo C	Semana tecnologia FATEC	142
Anexo D	Entrevista	143
Anexo E	Opinião	157
Anexo F	Gravações	159

1. - INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento eletrônico nas últimas décadas, estabeleceram-se inúmeras mudanças sociais. Uma das razões para estas mudanças foi o rápido avanço das tecnologias empregadas, e isto se refletiu em mudanças sociais. Um novo nome foi abordado para esta mudança: **infoera** ou **antropoceno** (ZUFFO 2003), (YAKSIC & FILHO 2013).

Para a **infoera**, Zuffo (2003) constata mudanças e propõe adaptações nas relações humanas, profissionais, sociais e educacionais (LEÃO, 2005).

A sensação de inadequação devido a mudanças sociais imprevisíveis (ZUFFO 2003) não é nova. Contudo, os aspectos deste novo século, altamente dependente de tecnologia, os são. Além disso, educação se tornou premente de um modo nunca experimentado. Assim, a conexão entre mudança e educação mostrou-se interessante ao longo das últimas décadas. Por exemplo, na década de 60, um estudo fez a relação entre automação em escritórios, inadequação de pessoal e as necessidades da educação (STEPHEN, 2005).

Stephen (2005) avaliou o uso de computadores na área de escritórios e não encontrou impacto considerável no nível de emprego pela inserção de automação nas empresas. Ao contrário do esperado, observou – pelo lado dos funcionários - aumento no número e no tipo de empregos, e, para as empresas, melhoria na competitividade. Contudo, a sensação observada entre a população era de que apenas a geração mais jovem se beneficiava das mudanças, devido à inserção dessa tecnologia. O que levou o autor a propor a educação continuada para eliminar a situação de pessoas desempregadas e vagas que não eram preenchidas em Nova York nessa época. Efetuar tal programa, por outro lado, era difícil devido à alta taxa de evasão escolar. Aprofundando-se nos motivos dessa evasão, Stephen (2005) ainda encontrou a falta de interesse no ensino como principal fator de insucesso, o que levou a lutar por um currículo que permitisse a experimentação com os conteúdos, o que hoje denominamos metodologias ativas de aprendizagem.

Nas décadas seguintes, posteriores a partir de 60, podemos citar o período de 70 a 00, a experimentação tornou-se mais comum devido à expansão da *internet*, dos jogos eletrônicos e dos métodos computacionais no computador pessoal. De acordo com (SUBRAHMANYAM et al 2001), o uso do computador aumenta a sociabilidade e algumas habilidades cognitivas dos adolescentes, especialmente aqueles com necessidades especiais. Além disso, devido ao uso constante do celular, o adolescente está habituado ao *on demand*, mesmo no Brasil, onde uso de eletrônicos já toma um grande período. (GILLETE & DePOMPEI 2004).

A *internet* está no epicentro das contínuas e rápidas transformações tecnológicas que estamos vivendo, e, na medida em que ela se torna o elemento crítico e onipresente na vida social e contemporânea, é inevitável que produza impactos na estrutura social, cultural, comportamental, econômica e política (TIC 2013).

Segundo Pinheiro^a (2012), “experiências envolvendo a utilização de computador, *internet*, sistemas multimídia, televisão e cinema na educação em química são escassas e, não devido à falta de equipamentos e recursos nas escolas, mas à falta de uma formação didática e tecnológica que permita aos professores conhecerem, dominarem e integrarem essas ferramentas e elementos culturais em suas aulas”.

Um modo de compensar a deficiência, ou seja formação tecnológica, é a inserção de ilustrações “a inserção de imagens despertou o interesse pelas aulas, quer por suas características ilustrativas ou beleza estética, quer por sua capacidade de conexão com a realidade ou por despertar a curiosidade” (PINHEIRO^b, 2012).

Os recentes avanços em ferramentas digitais podem trabalhar, com nível simbólico, um dos três níveis de representação do conhecimento: macroscópico, submicroscópico e simbólico. “Assim, é importante o uso de imagens que privilegiem os níveis macroscópicos e principalmente o submicroscópico, sobre

o qual geralmente os estudantes possuem dificuldades de compreensão” (GIBIN, 2013).

Outro modo de compensar tais deficiências é o desenvolvimento de equipamentos de baixo custo, em especial, pequenos, devido à facilidade de miniaturização que a tecnologia atual permite uma melhor compreensão (SILVA^a et al 2006; MININI 2010; IERI 2008).

Em resumo, as tecnologias são bastante amplas e complexas, e mudam rapidamente de paradigmas em todas as áreas tecnológicas. Deste modo, os formados no ensino médio, especialmente os cursos profissionalizantes, enfrentam problemas e situações complexos. A interdisciplinaridade tornou-se importante para professores e tutores destes cursos, o que impactou o ensino, entre outros, de Química e Física. Neste contexto, as questões ambientais advindas dos processos de produção modernos, além da análise química em si, são ambientes complexos que, cada vez mais, podem ser analisados com equipamentos simples e baratos, como sensores, isto é, ferramentas simples, porém, interativas (LEFF, 2011).

Para a física, a mecânica dos fluidos, de acordo com Dreyfus et al (2015), é uma disciplina pluridisciplinar, vinculada às áreas de Física, Química e Biologia. Por isso, é o ideal para testar a versatilidade de ferramentas didáticas como o PBL, (*Problem Based Learning*) ou ainda em português ABL (Aprendizagem Baseada em Problemas) e também para melhorar o conhecimento na área STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*). O mais importante ainda, devido à complexidade de alguns aspectos deste assunto, pode-se criar uma situação sem uma resposta correta ou errada existente, na qual a discussão em equipe é expandida, isto é, sem o "paradigma de resposta única" (WEI & FORD, 2015). A Engenharia é uma ciência da inovação e da solução de problemas; assim, construção e testes de protótipos são, em sua essência, questões de engenharia.

Dentro do cenário descrito, percebem-se as vantagens do desenvolvimento de equipamentos eletrônicos de baixo custo para o ensino em diversas áreas do conhecimento, desta forma o objetivo geral deste trabalho foi de pesquisar e desenvolver um kit didático de baixo custo, que atenda a política do STEM, para a

aprendizagem na área de Ciências e que proporcione reprodutibilidade para sistemas em fluxo contínuo.

Estes novos instrumentos técnico-pedagógicos tornam possível a participação ativa do aluno em seu processo de aprendizagem, buscando conhecimentos, articulando teoria-prática, correlacionando os seus saberes e realizando reflexões críticas sobre os problemas reais que envolvem sua formação profissional, integrados às exigências do mundo do trabalho e contribuindo para desenvolvimento da sociedade, da tecnologia e da ciência. (GEMIGNANI, 2012).

Tendo o estudo dos gases como uma temática dessa pesquisa, temos o manuseio na verificação das amostras, a criação de indicadores (tabelas e/ou gráficos), o registro de dados analisados, a comparação entre os dados, entre outros, que seriam alguns dos itens a serem analisados, portanto os objetivos secundários em função do estudo dos gases seriam:

- 1 - Entender e discutir o conceito de abstração.
- 2 - Entender e discutir o conceito de concreto.
- 3 - Definir uma área de conhecimento que envolva conceitos abstratos e representações concretas.
- 4 - Experimentar área definida, que trate de abstração e concreto.

Estes podem ser alguns dos indicadores para representarem algo abstrato em conceito concreto, e será uma das formas concretas de “transformar” algo abstrato em algo tangível.

Uma abstração é qualquer modelo que inclui os aspectos relevantes de alguma coisa, ao mesmo tempo em que ignora os menos importantes. Abstração depende do observador. Uma abstração é uma representação das características e do comportamento relevantes de um conceito do mundo real para um determinado problema. Dependendo do contexto, um mesmo conceito do mundo real pode ser representado por diferentes abstrações:

Nesse trabalho outro aspecto desenvolvido foi a preparação de material didático, fez-se necessário o desenvolvimento o material de suporte, tais como apostilas vídeos, etc. Essas etapas foram desenvolvidas por pessoas distintas e serão melhor descritas nos resultados e discussão

2. - CENÁRIO DAS METODOLOGIAS ATIVAS APLICADAS AO ENSINO DE ENGENHARIA

2.1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Como ponto de partida para o desenvolvimento das atividades em que se pretende trabalhar em projetos, como recursos pedagógicos na área de ensino, esses recursos remontam ao final do século XIX e um dos nomes que ilustrou este tipo de conhecimento foi John Dewey, em 1897. Pode-se afirmar que as teorias mais modernas da didática, como o construtivismo e as bases teóricas dos parâmetros Curriculares Nacionais, têm inspiração nas ideias do educador. Um dos seus grandes méritos, além de ser filósofo, foi adotar alguns pontos essenciais para o ensino, tais como: que o aluno esteja em uma verdadeira situação de experimentação, que a atividade o interesse, que tenha um problema a resolver, que ele possua os conhecimentos para agir diante da situação, que tenha a chance de testar suas ideias e de expressar seus. (AEDO, 2002; FERRARI, 2008).

Entre os anos de 1915 a 1920, John Dewey (1916) e Willian Kilpratic (1918) tentaram impor uma pedagogia aberta, ou seja, uma pedagogia progressista em que se propunha que o próprio aluno se tornasse sujeito de sua própria aprendizagem (BEHRENS, 2014 p. 98). Cabe lembrar que, naquele tempo, os projetos, de escolas, eram para as crianças trabalharem na fábrica, o modelo fordista. No entanto, Dewey e Kilpatrick buscavam que o aluno pudesse assegurar o envolvimento e participação na aprendizagem. (MOURA & BARBOSA 2007 p.217).

Depois de vários anos de praticamente pouca atividade, essa teoria ganhou força novamente nos anos 80 e, nesse recomeço, tem-se uma abordagem de projetos de trabalho que contribui para a formação de sujeitos ativos, reflexivos, atuantes e participantes (Hernandez - 1998). Além disso, Hernandez (1998) observa que um processo de pesquisa tem sentido para eles, porque podem participar ativamente do processo de produção do conhecimento, que vai além do currículo básico.

Em um outro ponto de vista apontado por Hernandez (1998) é a mudança no papel do professor, que agora atua como facilitador em vez de instrutor, que responde pela problematização do conhecimento. Outros autores, nesse movimento, podem ser citados, tais como, Moura (1993), Freitas (2003), especialmente com a dicotomia de a aprendizagem significativa em relação à aprendizagem tradicional. Segundo Fagundes (1999), a atividade de fazer projetos é simbólica, intencional e natural do ser humano. Por meio desta atividade, busca-se solução de problemas e se desenvolve um processo de conhecimento de produção. Um destes exemplos pode ser um TCC (Trabalho de Conclusão de Curso), quando o produto final é um projeto, em que o aluno tem de aprender com conhecimentos próprios.

A fragmentação dificulta a visão de contexto e, muitas vezes, impede de entender o todo e, na concepção de Morin (2009, p.15), “os desenvolvimentos disciplinares das ciências não só trouxeram as vantagens da divisão do trabalho, mas também os inconvenientes da supervalorização, do confinamento e do despedaçamento do saber. Não só produziram o conhecimento, mas também a ignorância e a cegueira”.

Historicamente, a gestão de projetos consagrou-se no campo da administração na década de 60, tendo seu resultado e repercussões na conquista espacial. A partir deste ponto, muitas técnicas de gestão foram desenvolvidas e passaram a ser integradas ao ensino clássico, como o desenvolvimento de engenharia e o desenvolvimento de novos produtos (MOURA & BARBOSA, 2007 p.19). A metodologia de projetos pode ajudar na ampliação, conexão entre outras áreas, o que representa um processo de aprendizagem nos vários níveis de integração, interconexão, inter-relacionamento de informações, conteúdos, agregação de informações, entre outros, que podem ser contextualizados (BEHRENS, 2015 p.100). Neste aspecto, Hernandez (1998 p.56) faz um paralelo entre o ensino disciplinar e transdisciplinar, apresentado na tabela 2.1.

Tabela 2.1 - paralelo entre o disciplinar e o transdisciplinar

ensino em disciplinas	ensino transdisciplinares
Conceitos disciplinares	Temas ou problemas
Objetivos e metas curriculares	Perguntas e pesquisas
Conhecimento padrão	Conhecimento construído
Unidades centradas nas disciplinas	Unidades centradas em temas
Lições	Projetos
Estudo individual	Estudo em grupo de projetos
Livros texto	Fontes diversas
Centrado na escola	Centrado no mundo real
Conhecimento tem sentido por si mesmo	Conhecimento em função da pesquisa
Avaliação mediante provas	Avaliação mediante portfólios
Professor como especialista	Professor como facilitador

Fonte : Hernandez (1998) adaptado

O portfólio de aprendizagem é uma compilação de anotações, rascunhos, esboços dos projetos em implantação, trabalhos escolares e diário da aprendizagem dos alunos. Refere-se a registros de avanços importantes ou de problemas persistentes, sendo desejável ser apresentado ao professor da série seguinte. Este tipo pode ser instrumento para suscitar novos projetos, construções e reconstruções de saberes sobre as bases anteriores de conhecimento e interesse de cada educando. (PASSOLLI & GUBERT, 2015). Ainda segundo Passolli & Gubert (2015), portfólios podem constar de entrevistas, registros sistemáticos, registros de casos e registros narrativos.

2.2 - METODOLOGIAS DE APRENDIZAGEM

A comissão de Educação para o século XXI disserta que as políticas educativas não podem ser esquecidas, pois a educação e o conhecimento são considerados como uma riqueza privilegiada de construção de um novo homem, que estabelece relações mais fraternas e solidárias entre grupos e nações. Essas considerações permitem pensar que essa nova realidade conduz a uma variedade de sugestões de como os processos de ensino devem ser desenvolvidos para atender às exigências impostas pela sociedade atual. (SILVA⁹ & SCHIRLO, 2014).

2.3 METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO APRENDIZAGEM

De acordo com Georges (2009), os métodos de ensino são conceituados como métodos ativos e passivos, com a maior diferenciação ocorrendo no comportamento do aluno durante o aprendizado. Assim, para as metodologias passivas, cujo melhor exemplo é a aula expositiva “o aluno tem um papel secundário no processo de ensino-aprendizagem, pois toda a atenção é dada ao professor que assume o papel principal”. Por outro lado, nas metodologias ativas o aluno assume é “o principal agente no seu processo de aprendizagem”. Assim, o autor exemplifica como metodologias ativas de ensino: “o método do caso, simulações, ensino baseado em problemas, jogos e role playing” em contraponto aos modos passivos, cujos maiores exemplos seriam “aulas expositivas, palestras, conferências, leituras e vídeos”.

As Metodologias Ativas apresentam uma série de vantagens, pois, como observado por Souza et al (2013) são processos com objetivo de solucionar problemas e também “interativos de conhecimento, análises, pesquisas, exames e decisões individuais ou coletivas”. Por outro lado, os problemas precisam ser “contextualizados, adequadamente, ao conteúdo letivo que será abordado com cada aprendiz”. Deste modo, em última análise o aluno é estimulado a propor soluções. Neste contexto o autor discute a atuação das Metodologias Ativas trabalham o processo ensino aprendizagem procurando desenvolver formas de aprender por meio da imersão do estudante em experiências reais ou simuladas que exijam a solução de problemas condizentes com a prática social da área em estudo. Sua aplicação coloca o aprendiz diante de problemas que mobilizam o seu potencial intelectual para compreendê-los, onde a obtenção de informações é necessária, mas o incentivo ao trabalho com elas proporciona a possível solução e contribui com o desenvolvimento da autonomia intelectual do estudante. (SOUZA et al 2013)

Contudo, para garantir tais conquistas, Urias et al (2016) observa que “todo projeto pedagógico que utilize metodologias ativas, para ser significativo, deve cumprir dois critérios essenciais”: 1) “os temas devem envolver os alunos, despertando nos educandos a vontade de desenvolver o projeto até o fim” e 2) “o

projeto deve ter uma finalidade educacional clara, facilmente percebida pelos aprendizes.”

Outra perspectiva importante para a aplicação de metodologias ativas é a criação de modelos, o que foi definido coloquialmente por Garik et al (2015) como “uma ferramenta cognitiva situada entre experimentos e teorias”. Além disso, um instrumento pedagógico considerado importante são as estratégias instrucionais múltiplas, o que exige um plano de ação mais ativa do professor (PALAZZO, 2008). Por outro lado, estas estratégias podem ser compostas por ações simples, tais como “pequenos grupos trabalhando/pesquisando colaborativamente ou estudantes liderando atividades”, o que também implica não só em estudantes mais ativos mas também na exigência de recursos instrucionais mais atrativos além de uma avaliação continuada do ensino. Para Romero e Martinez (2013) nesta condição, “os estudantes aprendem sobre um fenômeno no momento em que discernem sobre uma nova característica deste e estabelece uma conexão com um todo”. Para tanto, contudo, Wei e Ford (2015) sugerem que a condição ideal é uma situação sem uma resposta correta previamente estabelecida, ou, em outras palavras, “sem o paradigma da resposta única”.

Um modo de se conseguir a condição “sem o paradigma da resposta única”, é trabalhar com autoaprendizagem, produção de ferramentas e objetos de aprendizagem (object learning theory) (KOHRMAN, 2012, PICHI 2015). Um exemplo de produção de objetos de aprendizagem é dado na Figura 2.2 (COSTA e SALVADOR, 2016) para o ensino na área digital. Uma variação dessa abordagem é o uso de kits didáticos; estes podendo ocorrer desde o ensino o ensino fundamental 1 (k5 no sistema inglês)(DONOHUE, 2008) até os calouros universitários e mesmo graduados (SINGER, 2015). A vantagem dessa abordagem é ir de conceitos físicos aparentemente simples e bem conhecidos para problemas complexos de engenharia (BOESING, 2008). Além disso, há evidências de que tais instrumentos favorecem habilidades interpessoais, tais como trabalho em equipe, a interdisciplinaridade e a transferência de conhecimento (SINGER, 2015).

2.3.1 - APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. A este conhecimento, especificamente relevante à nova aprendizagem, o qual pode ser, por exemplo, um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem, David Ausubel (1918-2008) chamava de subsunçor ou ideia-âncora. É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-literal e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva (MOREIRA & BARROS, 2015).

Moreira & Barros (2015) ainda destacam que esta forma de aprendizagem significativa, na qual uma nova ideia, um novo conceito, uma nova proposição, mais abrangente, passa a subordinar conhecimentos prévios, é chamada de aprendizagem significativa superordenada. Não é muito comum; a maneira mais típica de aprender significativamente é a aprendizagem significativa subordinada, na qual um novo conhecimento adquire significado na ancoragem interativa com algum conhecimento prévio especificamente relevante.

2.3.2 - METODOLOGIAS

A metodologia, que é mostrada aqui é aquela, que envolve os métodos e as técnicas, é teórico-prática, ou seja, ela não pode ser pensada sem a prática e não pode ser praticada sem ser pensada. De outro modo, a metodologia de ensino estrutura o que pode e precisa ser feito, assumindo uma dimensão orientadora e prescritiva quanto ao fazer pedagógico, bem como significa o processo que viabiliza a veiculação dos conteúdos entre o professor e o aluno, quando então manifesta a sua dimensão prática. (ARAÚJO^a, 2006, p. 27; GEORGES, 2009)

Os métodos de ensino podem ser aplicados a todas as áreas, tendo características específicas para cada ciência. Já as técnicas de ensino estão relacionadas sempre com a prática. Como exemplo, alguns métodos de ensino são: o método Waldorf, baseado em Rudolf Steiner, o Construtivismo de Piaget, o Sociointeracionismo de Vygotsky, o Pragmatismo de Dewey, o método Montessoriano, com base nos ensinamentos de Maria Montessori e o método Tradicional ou Conteudista, base da pedagogia. Já as principais técnicas de ensino são: o Estudo de Caso e Estudo Dirigido, ligadas ao domínio cognitivo; a Limitação, a Manipulação, a Articulação, a Precisão e a Naturalização, ligadas ao domínio psicomotor; a Recepção, a Resposta, a Valorização, a Organização e a Caracterização, ligadas ao domínio afetivo. Há técnicas específicas como, por exemplo, as excursões, visitas e estágios, que trabalham tanto o domínio psicomotor quanto o afetivo e os projetos e pesquisas, que trabalham os três domínios (cognitivo, psicomotor e afetivo). A metodologia é composta por estratégias, métodos, técnicas, recursos e interfaces que potencializam o processo educativo. Atualmente, as tecnologias são os novos elementos que compõem a metodologia, chegaram com uma diversidade de opções, novas características e um paradigma diferente para a educação. (BARROS, 2015).

Várias são as afirmações a respeito do grande problema das teorias e reflexões sobre o uso das tecnologias na educação. Aqui, em especial, consideramos que a principal afirmação está na forma pedagógica de uso, que está explorado em exemplos de práticas e experiências, bem como em processo de construção como fundamento que sustenta o novo paradigma das tecnologias para a educação. (BARROS, 2015; BASTOS, 2006).

As metodologias precisam acompanhar os objetivos pretendidos. Se quisermos que os alunos sejam proativos, precisamos adotar metodologias em que os alunos se envolvam em atividades cada vez mais complexas, em que tenham que tomar decisões e avaliarem os resultados, com apoio de materiais relevantes. Se quisermos que sejam criativos, eles precisam experimentar inúmeras novas possibilidades de mostrarem sua iniciativa. Desafios e atividades podem ser dosados, planejados e acompanhados e avaliados com apoio de tecnologias. Os desafios bem planejados contribuem para mobilizarem as competências desejadas,

intelectuais, emocionais, pessoais e comunicacionais. Exigem pesquisar, avaliar situações, pontos de vista diferentes, fazer escolhas, assumir alguns riscos, aprender pela descoberta, caminhar do simples para o complexo. Nas etapas de formação, os alunos precisam de acompanhamento de profissionais mais experientes para ajudá-los a tornarem conscientes alguns processos, a estabelecerem conexões. (MORIN, 2015)

2.3.3 - EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

A Educação Profissional tem sido objeto de discussões focalizando prioritariamente as organizações curriculares e percursos formativos, com menor ênfase em metodologias de aprendizagem voltadas para a construção de competências profissionais. Complementando esses requisitos de aprendizagem, devemos acrescentar que, mesmo que o sistema educacional forme indivíduos tecnicamente muito bem preparados, é indispensável que eles sejam capazes de exercerem valores e condições de formação humana, considerados essenciais no mundo do trabalho contemporâneo, tais como: conduta ética, capacidade de iniciativa, criatividade, flexibilidade, autocontrole, comunicação, dentre outros. (BARBOSA & MOURA, 2013).

2.3.4 - METODOLOGIA ATIVA

A metodologia ativa é uma concepção educativa que estimula processos construtivos de ação-reflexão-ação (FREIRE, 2006), em que o estudante tem uma postura ativa em relação ao seu aprendizado numa situação prática de experiências, reais ou simuladas, por meio de problemas que lhe sejam desafiantes e lhe permitam pesquisar e descobrir soluções, aplicáveis à realidade em diferentes contextos. Esses princípios são norteados pelo método da problematização. (MORIN, 2015).

Por outro lado, essas metodologias possibilitam a assimilação de conhecimentos e habilidades e, por meio destes, o desenvolvimento das capacidades como a percepção das coisas, o pensamento, a expressão, o reconhecimento das propriedades e relações entre fatos da aprendizagem. Segundo Freire (2006), as metodologias ativas, para que haja educação de adultos, a

superação de desafios, a resolução de problemas e a construção de novos conhecimentos a partir de experiências prévias, são necessárias para impulsionarem as aprendizagens.

As metodologias ativas têm o potencial de despertarem a curiosidade, à medida que os alunos se inserem na teorização e trazem elementos novos, ainda não considerados nas aulas ou na própria perspectiva do professor (BERBEL, 1995). Assim os alunos têm a oportunidade de expressarem o conhecimento teórico na prática sem precisarem somente da orientação do professor e sim empregarem o conhecimento em grupo. (HERZER et al 2015, GERMINANI, 2012).

Outra perspectiva importante para a aplicação de metodologias ativas é a criação de modelos, o que foi definida, coloquialmente, por Garik et al (2015) como “uma ferramenta cognitiva situada entre experimentos e teorias”. Além disso, um instrumento pedagógico considerado importante é as estratégias instrucionais múltiplas, o que exige um plano de ação mais ativa do professor. (PALAZZO, 2008).

Em resumo, as metodologias ativas favorecem várias mudanças de atitudes no aluno, o que foi sumariado na tese de doutorado de Diesel (2016).

2.3.5 - ALUNO

Geralmente, a expressão aprendizagem ativa, que pode ser entendida também como aprendizagem significativa, tem um valor apenas significativo e é usada de forma vaga e imprecisa. Intuitivamente, professores imaginam que toda aprendizagem deve ser inerentemente ativa. Muitos consideram que o aluno está sempre ativamente envolvido enquanto assiste a uma aula expositiva. Entretanto, pesquisas da ciência cognitiva sugerem que os alunos devem fazer algo mais do que simplesmente ouvir, para ter uma aprendizagem efetiva (MEYRES & JONES, 1993).

Para se envolver ativamente no processo de aprendizagem, aluno deve: ler, escrever, perguntar, discutir, ou seja, estar ocupado em resolver problemas e desenvolver projetos, além disso, o aluno deve realizar tarefas mentais de alto nível, como análise e avaliação. Nesse sentido, as estratégias que promovem a aprendizagem ativa podem ser definidas como sendo atividades que

ocupam o aluno em fazer alguma coisa, ao mesmo tempo, leva a pensar em coisas que está fazendo (NAGAI & IZEKI, 2015). Em um ambiente de aprendizagem ativa, o professor atua como orientador, supervisor ou facilitador do processo de aprendizagem, então apenas como fonte única de informação e conhecimento. Independentemente da estratégia usada para promover a aprendizagem ativa, é essencial que o aluno faça uso de suas funções mentais de pensar, refletir, observar, entender de forma, em conjunto, concretizar a inteligência, ou seja, a diferença fundamental que caracteriza um ambiente de aprendizagem ativa é a atitude ativa da inteligência, em contraposição à atitude passiva geralmente associada aos métodos tradicionais de ensino. Pesquisas mostram que aprendizagem ativa é uma estratégia de ensino muito eficaz, independente do assunto, quando comparada com os métodos tradicionais de ensino. (BARBOSA & MOURA, 2013).

As contribuições das metodologias ativas nos permitem prever que, em vez de alunos saindo da escola com ilusão de terem aprendido algo só porque foram expostos a conteúdos em aulas expositivas, teremos alunos que experimentaram situações de aprendizagem profundamente significativas em suas vidas (BARBOSA & MOURA, 2013). Essa metodologia contribui para que os alunos experimentem ações, nessas aulas práticas, na aprendizagem. Herzer et al (2015), e ainda Berbel (2011) consideram que as metodologias ativas permitem aprender por meio de experiências, desafios, práticas que ocorrem em atividades realizadas nas disciplinas. Entre as atividades que ocorrem nas disciplinas e que se podem utilizar na EPT (Ensino Profissional técnico) no ensino de um conteúdo específico/técnico da área de informática estão a resolução de problemas, estudo de casos, realização de projetos, iniciação científica, elaboração de resenhas, seminários orientados, artigos científicos etc. (PEIXOTO, 2016).

Contudo, para garantir tais conquistas, Urias et al (2016) observa que “todo projeto pedagógico que utilize metodologias ativas, para ser significativo, deve cumprir dois critérios essenciais”: 1) “os temas devem envolver os alunos, despertando nos educandos a vontade de desenvolver o projeto até o fim” e 2) “o projeto deve ter uma finalidade educacional clara, facilmente percebida pelos aprendizes.”.

2.3.6 - APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS – ABL

A Aprendizagem Baseada em Problemas, ABL, surgiu na década de 60, no Canadá, onde foi aplicada inicialmente em escolas de Medicina. Atualmente, tem sido utilizada nas áreas de administração, arquitetura, ciências da computação, ciências sociais, economia, engenharias e matemática (ARAUJO, 2011). No Brasil, tem havido interesse crescente por essa metodologia e algumas escolas aplicam a PBL regularmente em seus cursos, como a Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo – EACH/USP, que aplica essa metodologia no currículo de dez cursos de graduação como método-base das disciplinas Resolução de Problemas desde 2005. (ARAUJO, 2011).

Está presente em diversas pesquisas da psicologia cognitiva. Parte da premissa de que a aprendizagem se realiza, principalmente, quando se utiliza dos conhecimentos prévios do aluno promovendo a elaboração das informações e sua incorporação por estruturas cognitivas existentes, transformando-as (ESCRIVÃO & RIBEIRO^a, 2008). O PBL é reconhecido por trabalhar simultaneamente conceitos, habilidades e atitudes no contexto curricular e na sala de aula, sem a necessidade de as disciplinas serem geradas especialmente para esse fim. O PBL, como outros métodos ativos, tem o pressuposto de que o conhecimento é construído, e não apenas memorizado e acumulado, é um método de aprendizagem que visa trabalhar com os problemas em que os alunos estão inseridos na vida real, favorecendo a aprendizagem (ESCRIVÃO & RIBEIRO^b, 2009).

O processo de aprendizagem do PBL faz com que o aluno modifique sua relação com o mundo, fazendo-o ir além da vontade de aprender. Quando se fala de aprendizagem, coloca-se o sujeito que aprende como centro do processo, e isso implica também a consideração de seus desejos e a mudança que se dá no seu pensar e se relacionar com o mundo. Por isso, a aprendizagem não pode se resumir a um mero passar de conteúdo. (KLEIN, 2103).

2.3.7 - ADEQUAÇÃO DE MÉTODOS ATIVOS NO ENSINO DE ENGENHARIA

O ensino de Engenharia oferece muitas oportunidades de aplicar metodologias ativas de aprendizagem nas diferentes áreas de formação profissional. É o caso das aulas de laboratório, oficinas, tarefas em grupo, trabalhos em equipe

dentro e fora do ambiente escolar, visitas técnicas e desenvolvimento de projetos. São atividades naturalmente participativas e promovem o envolvimento do aluno no processo de aprendizagem. Entretanto, se de um lado vivenciamos com mais facilidade os métodos ativos de aprendizagem nas atividades práticas, por outro lado, resta-nos enfrentar um dos grandes desafios pedagógicos dos tempos modernos: incorporar aprendizagem ativa nos espaços e tempos atualmente ocupados pelas tradicionais aulas expositivas. (SIMON & FRANCO, 2015).

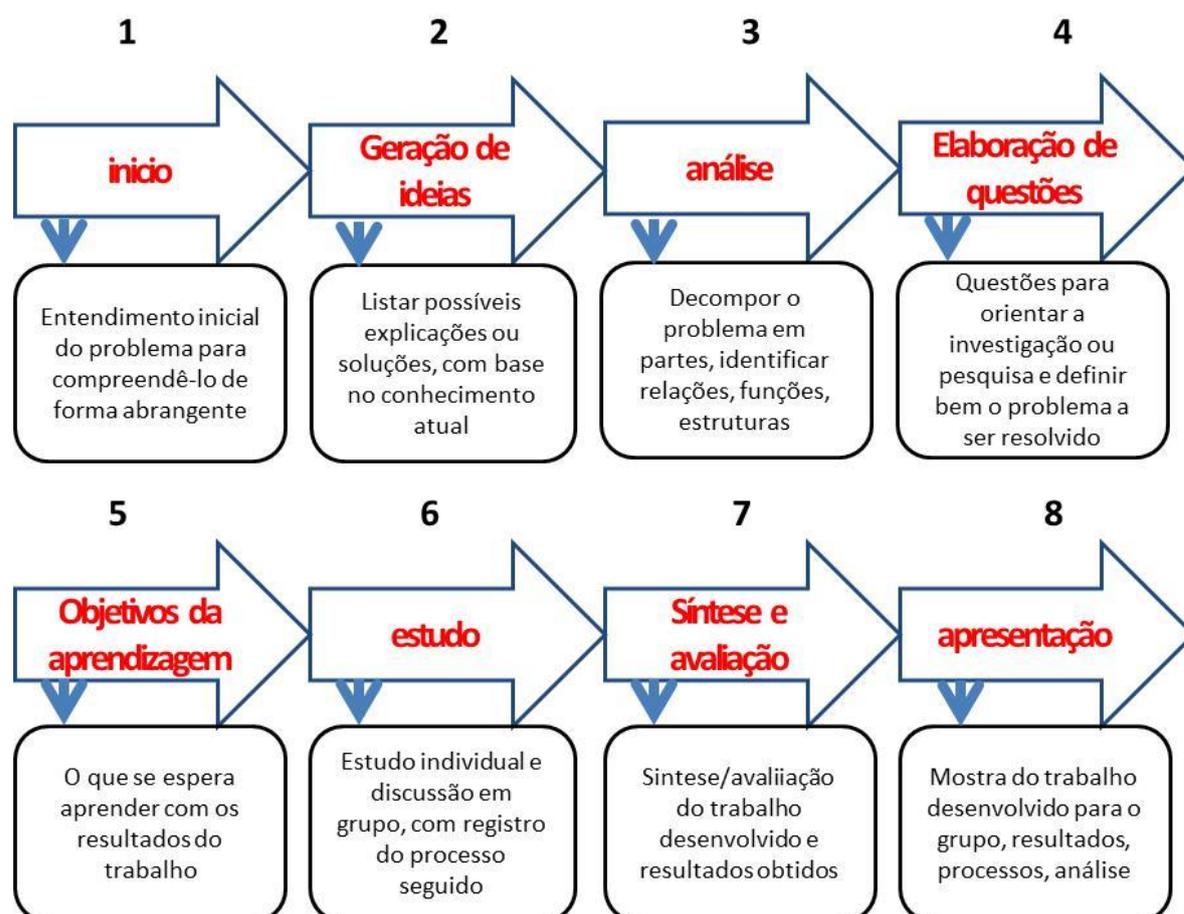
É na sala de aula e nas relações entre professor e aluno, onde as mudanças são mais urgentes e necessárias. Dentre as estratégias que podem ser usadas para se conseguir ambientes de aprendizagem ativa em sala de aula, destacamos as seguintes. (BONWELL & EISON, 1991; SIMON & FRANCO, 2015).

- Discussão de temas e tópicos de interesse profissional.
- Trabalho em equipe com tarefas colaborativas.
- Estudo de casos em áreas profissionais específicas.
- Debates sobre temas da atualidade.
- Geração de ideias para solução de um problema.
- Uso de mapas mentais para aprofundar conceitos, ideias.
- Modelagem e simulação de processos e sistemas.
- Criação de espaços virtuais para aprendizagem coletiva.
- Questões de pesquisa na área científica e tecnológica.

Como mencionado anteriormente, esse método de ensino fundamenta-se no uso contextualizado de uma situação problema para o aprendizado autodirigido. Enquanto que nos métodos convencionais o objetivo é a transmissão do conhecimento centrada no professor, em conteúdos disciplinares, na PBL, o aprendizado passa a ser centrado no aluno, que deixa de ser um receptor passivo da informação para ser agente ativo de seu aprendizado. Nesse contexto, o professor atua como orientador em grupos de trabalho, nos quais a interação entre professor-aluno é muito mais intensa do que em aulas puramente expositivas. A PBL admite sequências de trabalho que podem variar conforme o nível e tipo de ensino, com a área do conhecimento e com os objetivos de aprendizagem que se quer

alcançar. Em linhas gerais, a ABL inclui as etapas mostradas na Figura 2.1 (BARBOSA & MOURA^b, 2013)

Figura 2.1 - etapas da ABL



Fonte Araujo 2011 – adaptado

A ABL procura identificar e transformar um problema como base de motivação para o aprendizado, dando ênfase à construção do conhecimento em ambiente colaborativo. A ideia não é ter sempre o problema resolvido no final, mas sim enfatizar o processo seguido pelo grupo na busca de uma solução, valorizando a aprendizagem autônoma e cooperativa (ARAUJO, 2009). A PBL difere muito dos métodos convencionais de aprendizagem. Portanto, é de se esperar que tanto os professores como os alunos assumam funções diferentes das que estão acostumados no ensino convencional. A Tabela 2.2 ilustra algumas dessas diferenças. (RIBEIRO, 2005).

Tabela 2.2 - Requisitos para professor e aluno no ensino convencional e a PBL

	Ensino fundamental	Ensino alternativo
professor	Função de especialista ou autoridade	Orientador co aprendiz ou consultor
	Trabalho isolado	Trabalho em equipe
	Transmissor de informação aos alunos	Ensina ao aluno gerenciar sua aprendizagem
	Conteúdo organizado em aula expositiva	Curso organizado em problemas reais
	Trabalho individual por disciplina	Estimulo ao trabalho interdisciplinar
aluno	Receptores passivos da informação	Valorização do conhecimento prévio
	Trabalho individual isolado	Interação com colegas e professores
	Memorizam e repetem	Função: buscar, construir, equacionar problemas
	Busca pela resposta certa para sair bem na prova	Busca questionar e equacionar problemas
	Aula baseada na transmissão da informação	Trabalho em grupo para buscar soluções, conhecimento é aplicado em vários contextos, com orientação docente

Fonte RIBEIRO (2005) adaptado

2.3.8 - STEM

As metodologias ativas, entre outras vantagens, favorecem a multidisciplinidade e a interdisciplinaridade. Essa possibilidade é de extrema importância, considerando as condições do mundo moderno, para as áreas de engenharias, e, em especial, para a área de ensino genericamente conhecida como STEM.

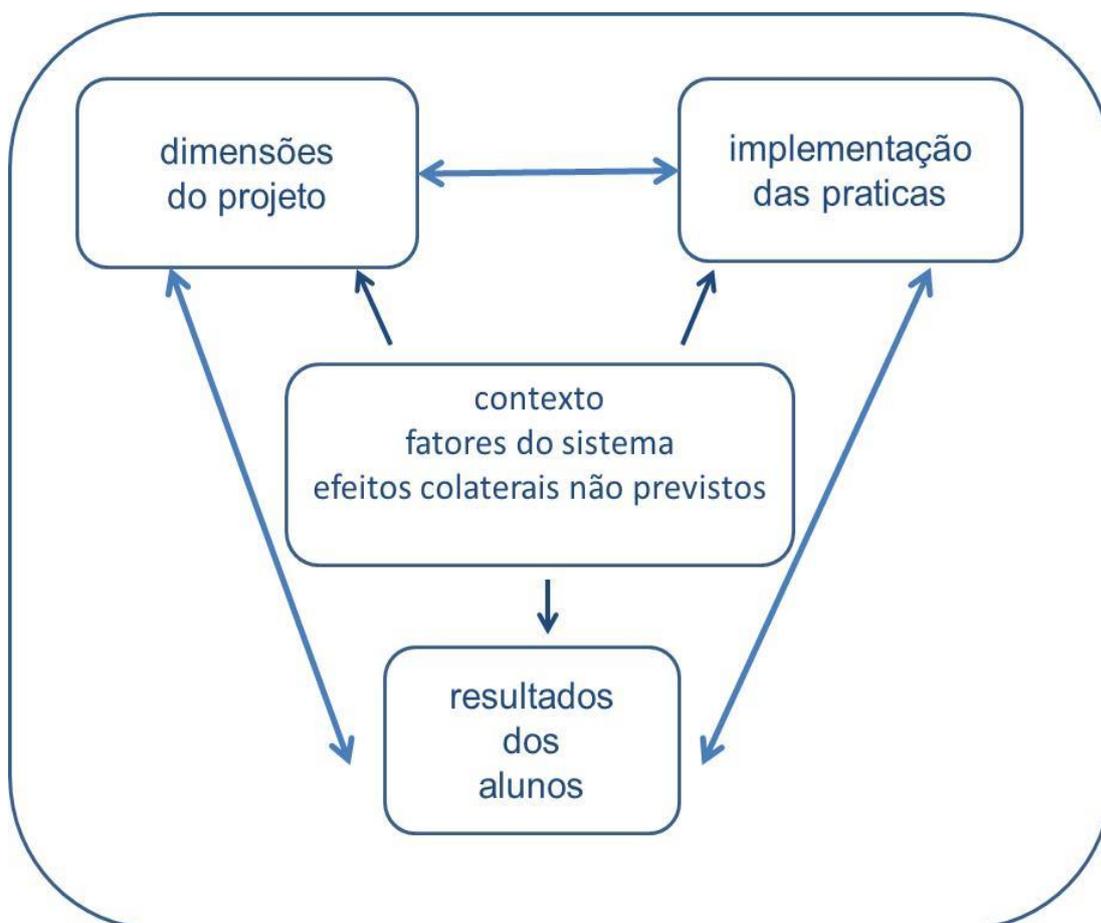
Essa integração com foco mais específico na educação STEM apresenta vários benefícios, entre eles, formação de alunos mais solucionadores de problemas, inovadores, inventores, auto-suficientes, pensadores lógicos, e tecnologicamente alfabetizados (MORRISON, 2006). Além disso, estudos têm mostrado que a integração da matemática e das ciências tem um impacto positivo sobre as atitudes dos alunos e do interesse na escola (BRAGOW et al, 1995), da sua motivação para aprender, enfim, de sua realização (HURLEY, 2001). A

Academia Nacional de Engenharia (termo inglês) e o Conselho Nacional de Pesquisa (termo inglês) americanos (KAETHI, et al, 2009) listam cinco benefícios da incorporação de conceitos de engenharia em escolas. Por exemplo, para o K- 12 (ensino médio), observa-se melhoria dos resultados em matemática e em ciência, melhor compreensão dos tópicos concernentes à engenharia, da capacidade projetar em engenharia, e aumento do conhecimento da literatura tecnológica.

Segundo Papert (1991), similar ao proposto por Piaget, acredita-se que os humanos são todos os alunos ativos capazes de construir conhecimento e habilidades. No entanto, a diferença é que Papert (1991) percebeu a importância da experiência prática (HANDS ON) e da importância do uso de manipulação de ferramentas (CLAYSON, 2010). Ainda segundo Papert (1991) enfatiza que a experiência realista permite aos indivíduos serem conscientemente engajados em uma construção concreta que, por sua vez, lhes garante ser melhores na construção do conhecimento recém-obtido e habilidades em conceito abstrato, como citado em Ostashewski et al (2010). Um exemplo concreto dessa abordagem é a educação robótica. É um dos métodos de aprendizagem consistentes com o foco de Papert (1991), no qual aos alunos são fornecidas uma variedade de ferramentas robóticas para obterem conhecimentos e habilidades ao longo do processo de construção por tentativa e erro (LO TIEN et al 2012; LOH, 2013). A figura 2.2 esquematiza uma cadeia de implementação do STEM em nível secundário.

A figura 2.2 mostra um framework para o segundo grau. Podemos ilustrar o projeto sendo delimitado a um determinado intervalo de tempo devido a suas características, por exemplo, o tempo e exposição e obtenção de dados, e que o mesmo será implementado em campo. Como exemplo, temos que registrar uma análise de uma medição de um determinado poluente. Pode haver problemas, como a chuva pode influir e o resultado pode não ser o satisfatório, além disso o tempo de aquisição torna-se importante para os diversos grupos em questão.

Figura 2.2 - Framework típico de introdução do STEM no nível secundário



Fonte: Erin E. Peter, et al (2014) Inclusive STEM High School (adaptado)

Neste contexto, pode-se ilustrar como instrumentos pedagógicos importantes o planejamento prévio das aulas, a preparação de recursos que visem ao desenvolvimento conceitual dos alunos nas áreas STEM (por exemplo, CUNNINGHAM e SHERMAN 2008). Assim, além das aulas de programação e horários de trabalho, o planejamento também precisa incorporar estratégias de ensino (GUILLAUME, et al 2007 e KILLEN, 2013), a gestão da sala de aula (BURTON, et al,2009), a resolução de problemas pelo professor com reflexão em ação (SCHON, 1983), estratégias de implementação e avaliação (TANKERSLEY, 2010).

O conhecimento de conteúdo apropriado precisa ser alinhado com os requisitos do currículo e as necessidades dos alunos (BALL, et al, 2008; HILL, et al, 2005). Além disso, as habilidades de questionamento do professor (como uma prática aprendida) são consideradas parte do ensino eficaz. Por fim, as práticas de conhecimento podem incorporar filosofias pessoais de ensino e conexões teoria-

prática, tais como os 5Es de “Bybee” (engajar, explorar, explicar, elaborar e avaliar, ver (HACKLING, et al , 2007, . ENGLISH et al, 2015).

A correlação entre STEM e multi e interdisciplinaridade foi elaborada por muitos autores. Assim, no mundo moderno, é grande a atenção dada à melhoria da instrução e, segundo Kozma (2003) ou Nathan et al. (2013), STEM tem o valor implícito de tornar explícitas as conexões entre seus vários campos de conhecimento.

Portanto, a educação STEM não representa apenas uma abordagem de ensino em sala de aula ou um modelo curricular específico (LANTZ, 2006). STEM representa uma relação simbólica entre esses campos de conhecimento (PSYCHARIS 2008) e este tipo de educação tem sido muitas vezes justificado como uma nova meta-disciplina, uma vez que é criado através da integração de todas as quatro disciplinas relacionadas em conjunto. É como escreveu Janice Morrison, do Instituto de Ensino para a Ciência afirmou, o STEM é uma "meta-disciplina" porque:

“A educação STEM remove as barreiras tradicionais erguidas entre as quatro disciplinas, integrando os quatro sujeitos de um meio coeso de ensino e aprendizagem. O componente de engenharia dá ênfase ao processo e soluções em vez das próprias soluções. Esta abordagem permite que os alunos explorem matemática e o contexto mais personalizado, ajudando-os a desenvolverem as habilidades de pensamento crítico que podem ser aplicadas a todas as áreas de trabalho e da vida acadêmica. A engenharia é o método que os alunos utilizam para a descoberta, exploração e resolução de problemas. O componente de tecnologia permite uma compreensão das três outras partes da educação STEM. Isto permite que os alunos apliquem o que aprenderam, com computadores e com aplicações especializadas e profissionais como *Computer Assisted Design (CAD)* e animação por computador. Estas e outras aplicações da tecnologia permitem-nos explorar os assuntos de STEM em maior detalhe e de forma prática. É desta maneira que se pode oferecer uma visão sobre como fazer STEM mais interessante para os alunos e envolvê-los plenamente em todos os quatro assuntos áreas. Programas curriculares inovadores, que ligam as quatro disciplinas em vez de simplesmente fortalecer a matemática existente” (*TIES STEM Education Monograph Series Attributes of STEM Education - 2006*).

Morrison (2006) delineou as vantagens de STEM no desenvolvimento de resolução de problemas, inovação, invenção, autoconfiança, pensamento lógico e habilidades tecnologicamente alfabetizadas entre os alunos. (GOH e ARIS 2005). Os proponentes de abordagens educacionais STEM mais integradas argumentam que ensinando STEM de modo a conectar com assuntos reais pode aumentar a motivação e melhorar o desempenho (NCR, 2014). O relatório de Katehi et al (2009) também pediu que as escolas adotassem "hábitos de espírito" de engenharia que envolvessem "(a) pensamento sistêmico, (b) criatividade, (c) otimismo, (d) colaboração, (e) comunicação e (f) atenção a Considerações éticas" (p.5). Essa mentalidade pode ser incorporada ao ambiente de sala de aula do dia-a-dia e respectivas tarefa. A tabela 2.3 fornece uma visão do STEM.

Tabela 2.3 - vários desenvolvimentos do STEM

Sistemas de pensamento	Peça aos estudantes que usem organizadores gráficos, para, visualmente, representarem várias situações do dia-a-dia da vida real.
Criatividade	Forneça tarefas que exijam imaginação ou tenha alunos que desenvolvam múltiplas soluções para suas próprias vidas.
Otimismo	Incentive estudantes que desenvolvam soluções viáveis para problemas grandes e pequenos. Forneça aos alunos exemplos de como as culturas e as sociedades superaram situações através da ciência e engenharia (por exemplo, infraestruturas como água e eletricidade, história da aviação, soluções em nível de sistema para superar a Grande Depressão, a erradicação da pólio em muitos países ao redor do mundo).
Colaboração	Use grupos cooperativos, colaborativos de classe inteira ou projetos de equipe e co-ensino. A aprendizagem baseada em desafios pode proporcionar o desenvolvimento de experiências colaborativas para compreensão e resolução de problemas locais e globais do mundo real. Visita ao site de Aprendizagem Baseada em Desafios (http://www.challengebasedlearning.org/) para guias de implementação, incluindo considerações para apoiar uma ampla gama de aprendizagem e experiências.

Fonte; Basdam D. James et al (2013), adaptado

Kennedy & Odell (2014) resumem significativamente o que é importante desenvolver em STEM. Assim, STEM, como disciplina interdisciplinar, exige que as abordagens devam ser alteradas das abordagens tradicionais para sua aprendizagem. Os educadores devem implementar estratégias instrucionais que integrem o ensino da STEM de forma a desafiar os alunos a inovarem e incentivarem usar a aprendizagem baseada em problemas e em projetos, criar oportunidades de aprendizagem significativas, desde que o aprendizado seja fornecido usando métodos aplicados e colaborativos na aprendizagem e exigir que os alunos demonstrem compreensão dessas disciplinas em um ambiente nos novos contextos mundiais de aprendizagem e de trabalho.

2.4 - KITS DIDÁTICOS COMO FERRAMENTAS PARA A MULTI E INTERDISCIPLINARIDADE

O grande interesse por tecnologia por parte do adolescente foi explorado na área de educação em engenharia com sistemas multimídias e/ou com a fabricação de *kits* de ensino (CUNNINGHAM, 2007). Seu uso é mais conhecido em robótica, como por exemplo, os *FIRST Lego League*, *FIRST Robotics* e *Project Lead the Way*, do ensino médio, e o *Engineering Teaching Kits*, para ensino fundamental (DONOHUE e RICHARDS, 2008). Nos dois casos, os *kits* são úteis para abordarem conceitos de matemática e ciências.

Apesar de menos comuns em níveis mais avançados, (HOWELL e SERGEN 2004) pedem seu uso também no início da graduação e, no Brasil, os *kits LEGO Mindstorms*, *VEX Robotics* e *Parallax Robotics* foram usados na simulação de situações-problema para o ensino de Física e para a construção de protótipos (BOESING et al., 2008.).

Segundo Junior et al (2013), as inovações tecnológicas da era da informação, que apresentam alta taxa de mudanças, devem ser implantadas nas escolas a fim de propiciarem aos estudantes novos desafios. Outra vantagem é permitir a interação e a construção de simulações que fundamentam um fenômeno de interesse (JERDE et al 2015). Os *kits* educacionais e a robótica em si trazem um impacto direto sobre as escolas e, sobretudo aos alunos, para novas experiências.

Os *kits* educacionais mudam as abordagens tradicionais de ensino e seu conservadorismo, uma vez que permitem o desenvolvimento de novas experiências e a reaplicação de tecnologias, por exemplo, incluindo conceitos de controle do sistema. Os *kits* representam uma nova perspectiva, devem promover as competências e habilidades de seus usuários, pois garantem que seus usuários possam experimentar novos processos e experiências e formas de aprendizagem. (SUGUMARAN et al 2013).

Os *kits* educacionais convidam os professores e alunos para ensinarem, aprenderem, descobrirem e inventarem através de processos coletivos. É com compreensão da inovação e inclusão que se procura a construção e reaplicação de tecnologias para a área educacional, tendo o *kit* educacional como principal ferramenta para ajudar, compreender e transformar a paisagem educacional. (JUNIOR et al 2013, JERDE et al 2015).

2.4.1 - A DEFINIÇÃO DE UM KIT

Uma preocupação recorrente aos autores, quando da definição e construção de um *kit*, é a acessibilidade e a facilidade das ferramentas educacionais para alunos e escolas que não possuam apoio financeiro suficiente. Para este fim, foram criados *kits* educacionais de baixo custo, que podem ser construídos em oficinas, onde os alunos podem descobrir-se capazes de obterem uma melhor compreensão dos conteúdos abordados em sala de aula e desenvolverem os seus conhecimentos em vários assuntos. O objetivo é permitir que as escolas secundárias e de graduação possam adotar os cursos transdisciplinares os quais cobrem uma vasta gama de tópicos (JUNIOR et al 2013, JERDE et al 2015, SUGUMARAN,2013).

Lo Tien et al (2012), preocupado com o ensino de arquitetura de computadores, propôs um *kit* bastante simples, baseado em microcontrolador, e obteve bons resultados. A partir de sua experiência pessoal, o autor propõe que o *kit* deve ser acessível, portátil, e de baixa manutenção e, o mais importante, facilmente adaptável/replicável em qualquer lugar. O desenvolvimento pode ser modularizado e autocontido para facilitar a adoção parcial ou total em todo o país. É útil se o desenvolvimento considerar a existência de um *feedback*, através de um questionário e relatório. O autor criou um *kit* acessível para aquisição dos alunos e

espera, pelo envolvimento dos alunos com sua aprendizagem e a portabilidade do instrumento, permitir que os alunos trabalhem com a ferramenta em qualquer lugar a qualquer momento.

É relevante observar que o autor vê o *kit* como uma ferramenta para facilitar a manipulação de tecnologias avançadas em educação, e, ao mesmo tempo, que aja como catalisador de conhecimento em escolas que ainda estão em desvantagem tecnológica. (LO TIEN et al 2012). Também cita que devido a recursos limitados, muitas escolas ensinam Ciências ou cursos de engenharia informática sem qualquer prática de laboratório ou com equipamentos que dificultam drasticamente o aprendizado dos alunos; o que o fez propor um laboratório barato e portátil.

2.5 - ASPECTOS TECNOLÓGICOS

No século passado, com o aparecimento de novas tecnologias, estas geraram grande impacto nas áreas das engenharias, principalmente nas engenharias Química e Eletrônica. Os impactos podem ser reportados nos dias de hoje dentro destas novas tecnologias (SILVA^b et al 2006).

2.5.1 - MINIATURIZAÇÃO

A miniaturização nos dispositivos deixou de ser restrita. No uso em instrumentos multifuncionais, o celular tornou-se o maior exemplo.

A miniaturização em equipamentos é uma tendência, tanto na área Química como na engenharia Química. Na área de Química, podemos destacar a miniaturização do cromatógrafo, que teve seu início na década de 70. Com o avanço da tecnologia, e da microeletrônica, foi possível fabricar uma coluna cromatográfica em uma lâmina de silício com um comprimento superior a um metro.

As categorias dos cromatógrafos são: compactos ou de campo, micro cromatógrafos em um *chip*, e micro cromatógrafos especiais. Os laboratórios móveis são os compactos e os utilizados em campo são considerados portáteis. Dispositivos em um *chip* são rápidos, mas úteis apenas em problemas mais simples

enquanto usos específicos, como em pesquisa espacial, exigem projetos dedicados (SILVA^c e GAMEIRO, 2006).

Com a rápida evolução tecnológica, surge um processo conhecido por “intensificação de processos” (PONCE-ORTEGA, et al, 2012) (POUX et al, 2015) Esse processo implica termos, tecnologias, substancialmente, em tamanhos menores, mais eficazes, mais eficientes, mais limpos. Na área de análises químicas, a tendência é os equipamentos pequenos, como, por exemplo, podemos citar que, em 2008, no editorial da *Analytical Chemistry*, dá-se ênfase à importância de equipamentos com peso inferior a 10 Kg e multifuncionais, chamados de *mini-labs* (KUMAKHOY, 2008).

Os processos que seguem as mesmas leis físicas podem ser agrupados, e, em engenharia Química, são chamados de operações unitárias. Como exemplo, temos transporte de fluidos, calor, massa, entre outros. Por meio da miniaturização, essas operações podem ser renomeadas para micro misturadores, micro reator e separadores (CHOVÁN & GUTTMAN, 2002). Muitas dessas operações passam a ser adaptadas para a nanotecnologia (RANGASAMY, 2011). Portanto, ao longo da evolução tecnológica, podemos chamar esses equipamentos de “mini-labs”. Esses equipamentos, que diferem um pouco na sua função principal, apresentam três regiões que podem estar interligadas internamente ou não no equipamento. As três regiões são: a admissão, a manipulação e a detecção de amostras (LEITE 2015). A admissão de amostra dependeria da inserção manual de grandes volumes ou quantidades diminutas (LEITE, 2015; SHEN et al, 2014), os detectores podem ser bastante simples, como um sensor, ou bastante complexo, como os usados nos narizes eletrônicos (BAIETTO & WILSON, 2015; KIANI, et al, 2016).

2.5.2 - “MINI LABS”

Uma das grandes vantagens do uso da miniaturização é a manipulação de pequenos volumes, que, por sua vez, afetam muito pouco, ou nem afetam, a sustentabilidade do sistema. Além disso, eles precisam de controles mais eficazes, pois, devido ao seu tamanho, a sua resposta de atuação ‘pode ser rápida.

Os “mini-labs” descrevem uma situação real, de boa aproximação da situação real, com suas partes e peças miniaturizadas, de baixo custo, e limitados. Este equipamento, embora não seja tão difundido nas áreas de engenharias, já pode ser encontrado para a área educacional. (CLIPPARD, et. al., 2016). Além disso, promove economia de materiais, diminuição de custos e favorece a sustentabilidade. (COELHO 2014).

Os “mini-labs” são usados como uma ferramenta para facilitarem a manipulação de tecnologias avançadas em educação, e, ao mesmo tempo, agirem como catalizadores de conhecimento em escolas que ainda estão em desvantagem tecnológica. (JERDE et al 2013).

2.5.3 - COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS (COVs)

Poluições têm uma grande quantidade de emissões lançadas pela indústria e estão presentes na exaustão veicular, que geram grandes problemas ambientais. São complexos não pelo número de variáveis, mas pela atitude frente à questão, que, segundo Lovelock (2006), pode ser descrita de preconceituosa ou até dogmática.

Há uma infinidade de equipamentos capazes de realizar análises, porém, estes requerem uma grande quantidade de amostras. Por sua vez, os equipamentos que coletam estas amostras são cada vez mais limitados. Para pequenas quantidades, necessitamos de concentradores, que podem ser analisados em segundos.

A amostragem de COV no ar depende das propriedades químicas e físicas dos compostos, da concentração presente no ar, da umidade relativa e da temperatura, entre outros. Desta forma, existem diferentes procedimentos para amostragem de COV. A separação destes compostos é feita pelo uso da cromatografia gasosa. Os COVs (VOCs em inglês) são normalmente analisados pela sua rapidez e precisão. Assim, torna-se mais necessário desenvolver métodos capazes de analisar cada tipo de contaminante no meio ambiente. (SILVA^a et al 2006).

Ainda segundo Silva^a et al (2010), “...é relevante lembrar que o desenvolvimento de estruturas miniaturizadas pode ajudar a desenvolver multidisciplinaridade no ensino. Também é interessante a possibilidade de integrar todos os conceitos interdisciplinares para melhor aplicá-los na resolução de problemas. Muitos destes conceitos poderiam ser facilmente ensinados usando-se ferramentas de simulação. Entre as principais miniaturizações estão microestruturas sensoras. Partindo deste preceito, um avanço tecnológico de grande valia seria garantir o baixo custo de tais estruturas. Neste contexto, polímeros orgânicos tornam-se atraentes. Portanto, o próximo passo no desenvolvimento de tecnologias na área de microeletrônica será, além do uso de polímeros orgânicos, a tecnologia conhecida como *roll to roll*. Assim, torna-se importante desenhar, construir, caracterizar e simular estruturas pouco maiores, da ordem de centenas de micrômetros, para estudarem os possíveis efeitos comportamentais gerados pela adsorção, retenção, permeação e dessorção, e suas respectivas alterações na mecânica dos fluidos”.

2.6 - COMPARAÇÃO ENTRE ABL e STEM

Várias pesquisas foram realizadas nos artigos levantados, observando que o PBL não é um ambiente satisfatório para todos os alunos e professores, pois cada aluno tem um estilo de aprendizagem, fazendo com que alguns não se adaptem a um ambiente de aprendizagem autodirigida e colaborativa (ESCRIVÃO & RIBEIRO, 2008). Por outro lado, o PBL resgata a complexidade do aprender, que vai além da transmissão, reprodução e acúmulo de informações, sendo substituído pelo desenvolvimento dos alunos nas áreas afetivas, cognitivas, de habilidade e atitudes, provocando mudança radical no processo de aprendizagem. (SIMON & FRANCO, 2015).

Ainda segundo Simon & Franco (2015), o PBL tem um diferencial muito grande em relação ao ensino tradicional. No ensino tradicional, o professor é expositor, com as rédeas seguras da condução da aula, muitas vezes, inibindo a fala e a participação dos alunos; já, neste método, o professor é planejador e executor do ensino, detentor do conhecimento, pois o professor funciona como planejador e executor do ensino, detentor do conhecimento, enquanto os alunos são tomados

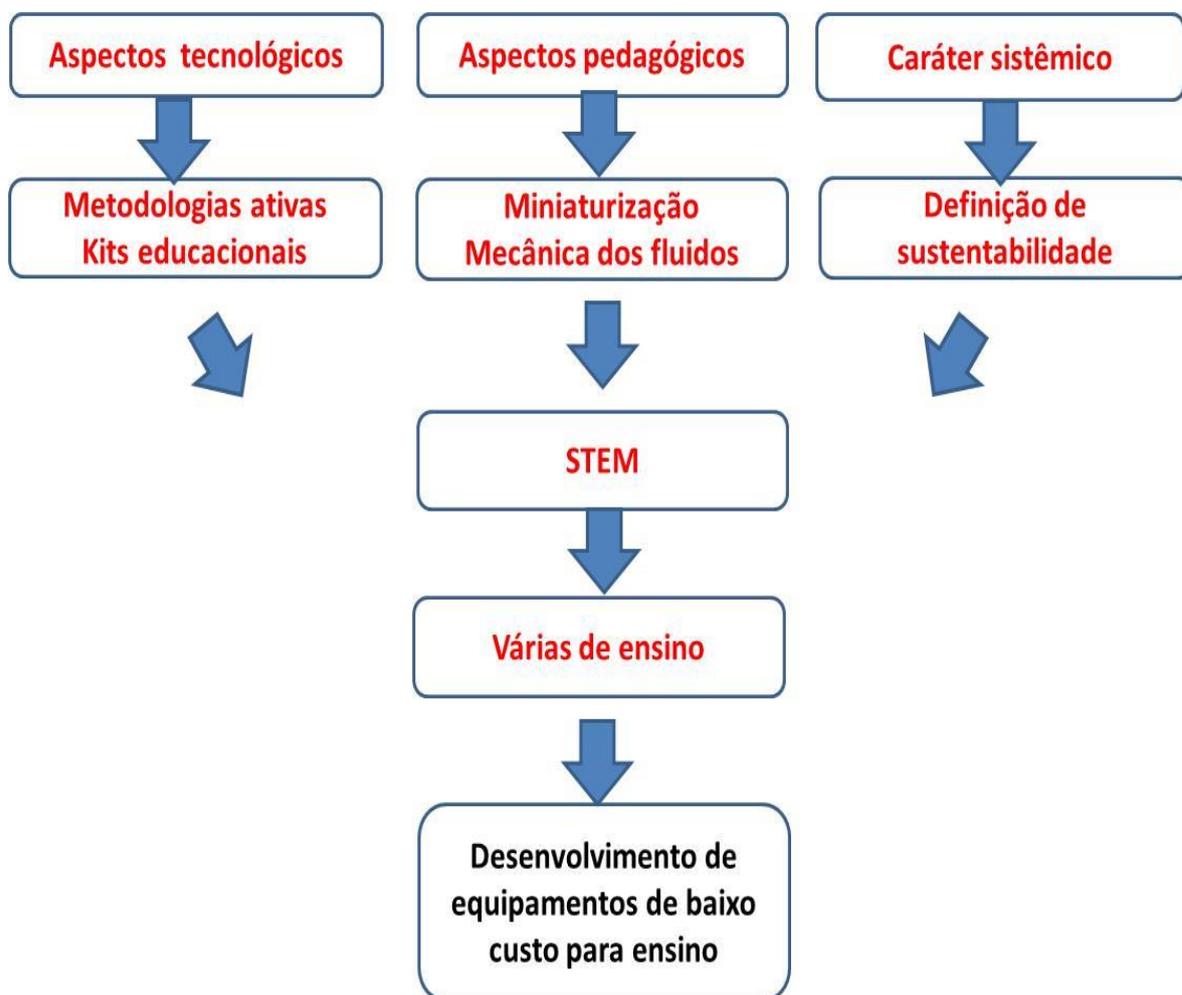
como meros espectadores: se o aluno aprende ou não, é problema dele, a aula é um monólogo.

Já os programas de educação em STEM proporcionam oportunidades para colaborarem uns com os outros em esforços unificados e integrados aos quatro assuntos em um só meio de ensino aprendizagem. E quando esse objetivo é atingido, os alunos terão acesso a oportunidades curriculares significativas que promovem habilidades que podem ser empregadas todos os dias. (KENNEDY & ODELL, 2014).

Este trabalho utiliza vários e distintos conceitos, tais como as metodologias ativas, entre elas a aprendizagem baseada em problemas (ABL) e a STEM, assim como algumas considerações sobre as duas metodologias foram empregadas. Este trabalho tem aspectos tecnológicos bem determinados, como a noção de uma das ferramentas adequadas ao desenvolvimento das metodologias ativas de ensino, que são os *kits* didáticos de baixo custo, os quais, entre outras coisas, visam atender escolas de baixa renda, nos aspectos pedagógicos, para ajudarem os alunos na compreensão de algumas variáveis no ensino de química e física, mecânica dos fluidos entre outros.

Os novos tempos também têm caráter sistêmico, o que também demandam um melhor conhecimento de várias definições, como sustentabilidade, que influem para novos arranjos de produção, ilha de manufatura, o aspecto de poluição ao meio ambiente de então o desenvolvimento de novas ferramentas torna-se um novo caminho promissor. A figura 2.3 mostra uma interação dos temas abordados.

Figura 2.3 - Interação entre os conceitos utilizados



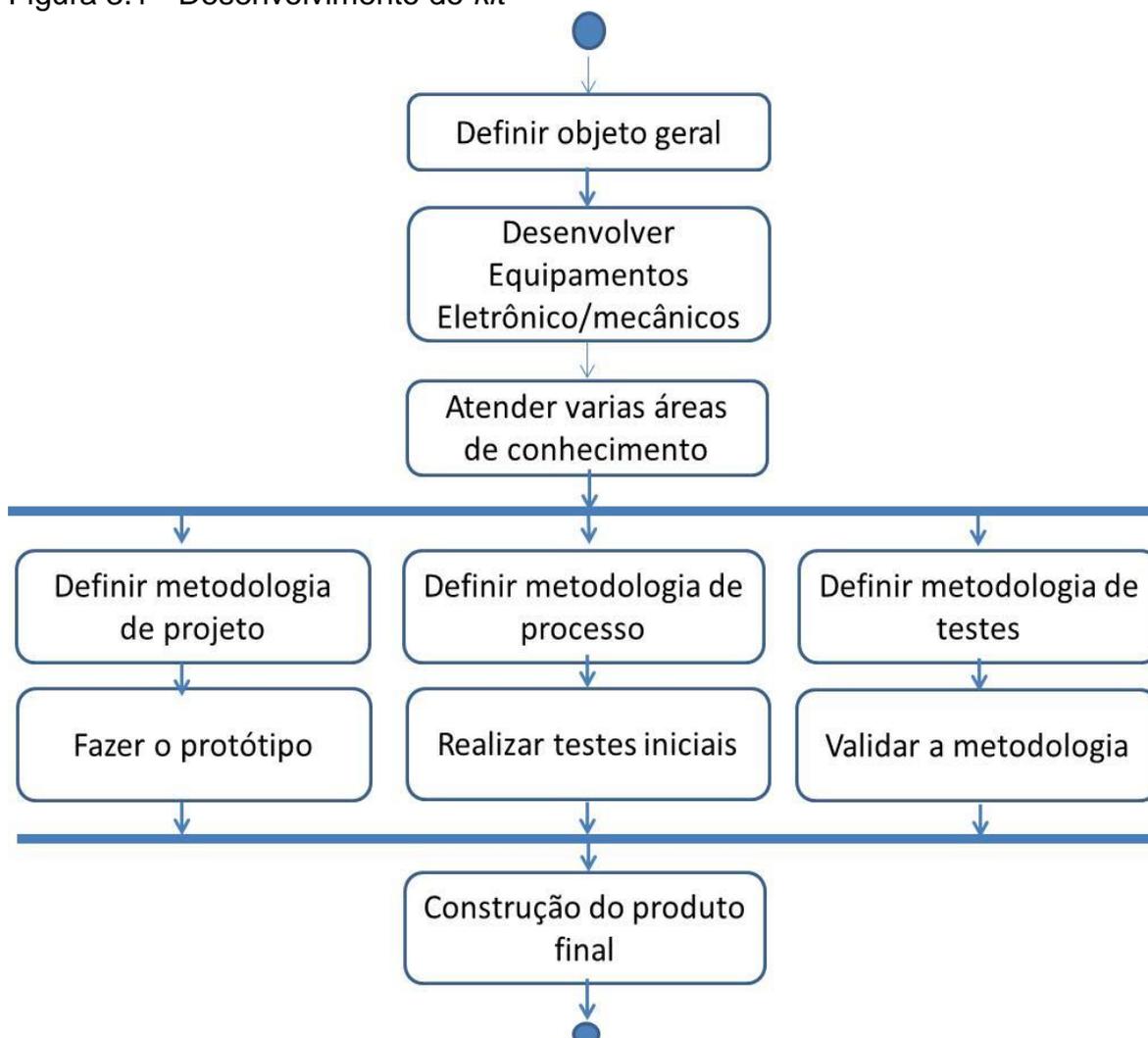
fonte autor

No próximo capítulo mostraremos as etapas do processo, par ao desenvolvimento do kit.

3. DESAFIOS NO PROCESSO

A metodologia deste trabalho apresenta inúmeras facetas, uma vez que se trabalha com diferentes situações e necessidades. Assim, inicialmente, desenvolve-se material didático. Na etapa seguinte, aperfeiçoa-o, testa-o continuamente, ao mesmo tempo em que o reforma de acordo com a opinião dos envolvidos em seu uso. A cada etapa percorrida pode-se apresentar uma metodologia distinta. A figura 3.1 descreve as fases dos objetivos a serem implementados no projeto. a tabela 3.1 sumarizam tais etapas.

Figura 3.1 - Desenvolvimento do *kit*



Fonte – autor

A tabela 3.1 sumariza tais etapas que foram implementadas no processo

Tabela 3.1 – Sumário das etapas percorridas nesse trabalho

Condição inicial importante:
Metodologia de projeto – para montar os <i>kits</i> – de acordo com metodologia proposta para desenvolvimento de produto e baseada em trabalho anterior (PICHÍ ^a ,2011).
Metodologia de processo - Cada etapa do processo é composta por metodologia específica (vários itens distintos), mas, de modo geral, também semelhante ao descrito por Pichi ^a (2011).
Metodologia de teste (dependendo da etapa): <ul style="list-style-type: none"> • Prova de conceito • Prova de uso • Auditoria
Metodologia de uso, pelo aspecto de: <ul style="list-style-type: none"> • projeto (recursos) <ul style="list-style-type: none"> • apostila • manual • vídeo • etc. • uso <ul style="list-style-type: none"> • número de alunos • tipo de uso • etc.

Fonte autor

Inicialmente, foi necessário desenvolver todos os aparatos que iriam compor o *kit* educacional, devido à complexidade do *kit* projetado, já que este pressupõe miniaturização de partes e peças. Além das condições iniciais do projeto, que visam ao baixo custo e à facilidade de fabricação, deve atender às necessidades de várias áreas de ensino, cada parte e/ou peça desenvolvida, apesar de utilizar a metodologia de protótipo, seus projetos, construção, testes e otimização que apresentam particularidades. Além disso, a metodologia de testes em uso considerou formas clássicas de avaliação de produto, tais como entrevista estruturada com os usuários; essas duas condições são mais bem descritas nos Resultados e Discussão.

3.1 - METODOLOGIA DE PROJETO E PROCESSO

Em trabalho anterior (PICHÍ^a, 2011), a metodologia de projeto também foi adaptada para desenvolvimento de equipamento didático. Deste modo, uma breve descrição das metodologias utilizadas bem como das adaptações deste trabalho, são apresentadas a seguir.

Em um novo produto requer que (JUNG, 2007 apud Pichi^a, 2011) diversas etapas sejam efetuadas e estas foram resumidas a seguir (Tabela 3.2), sendo que os requisitos básicos do produto correspondem a determinar as necessidades e desejos do usuário. No presente caso, a complexidade nasce do desejo de que não só o professor, mas também o aluno, sejam tratados, ao mesmo tempo e igualmente, como usuários e desenvolvedores.

Tabela 3.2 – Sumário das etapas de metodologia de projeto

Requisitos	Propriedades
Análises em produtos similares encontrados no Mercado	<p>Em relação ao uso – aprender com erros anteriores e promover <i>upgrade</i>.</p> <p>Desenvolvimento histórico – compreender tecnologias, recursos, materiais e design para adaptá-los.</p> <p>Análise – <u>estrutural</u>, compreendendo os produtos similares e sua posição no mercado; <u>funcional e morfológica</u> – o que permite entender a concepção do produto similar já existente no mercado.</p>
Resultados	Apresentar os dados organizados de modo a definir claramente os requisitos.
Estruturação	Ordenar os requisitos.
Descrição do conceito	Apresentar dados organizados.
Projeto	Gerar documentação.
Prototipagem	Realizar o que foi descrito na etapa anterior.
Verificação	Garantir que os requisitos anteriormente descritos foram cumpridos e, em caso negativo, garantir melhorias para atingir tal objetivo.

Fonte: autor

A engenharia de processo ainda pode ser útil (PICHÍ 2011 apud ROUILLER,2008) por “ser capaz definir a produção, exemplificar as definições de

processo produtivo, implantá-lo, monitorá-lo, medi-lo e melhorá-lo.” Portanto, **gerenciamento de projeto** corresponde a seguir processos particulares, o que também implica monitorar etapas. Assim, enquanto prospecção é a construção de um protótipo, proposta é a formalização deste para um determinado cliente interno ou externo. Para tanto, tornam-se necessários a delimitação do escopo do projeto e o processo decisório do que realizar. A execução de um escopo implica a revisão dos problemas encontrados, após o que ocorre a finalização. Essas etapas são seguidas através de “artefatos para cumprimento das tarefas” tais como “documentos de requisitos e atas de reunião, relatórios de teste” etc. Vide figura 3.2 (a) e (b).

As figuras 3.2 ilustram as principais bases para as etapas da engenharia de produto (a) e pelo gerenciamento do projeto(b).

Figura 3.2 - principais funções das etapas

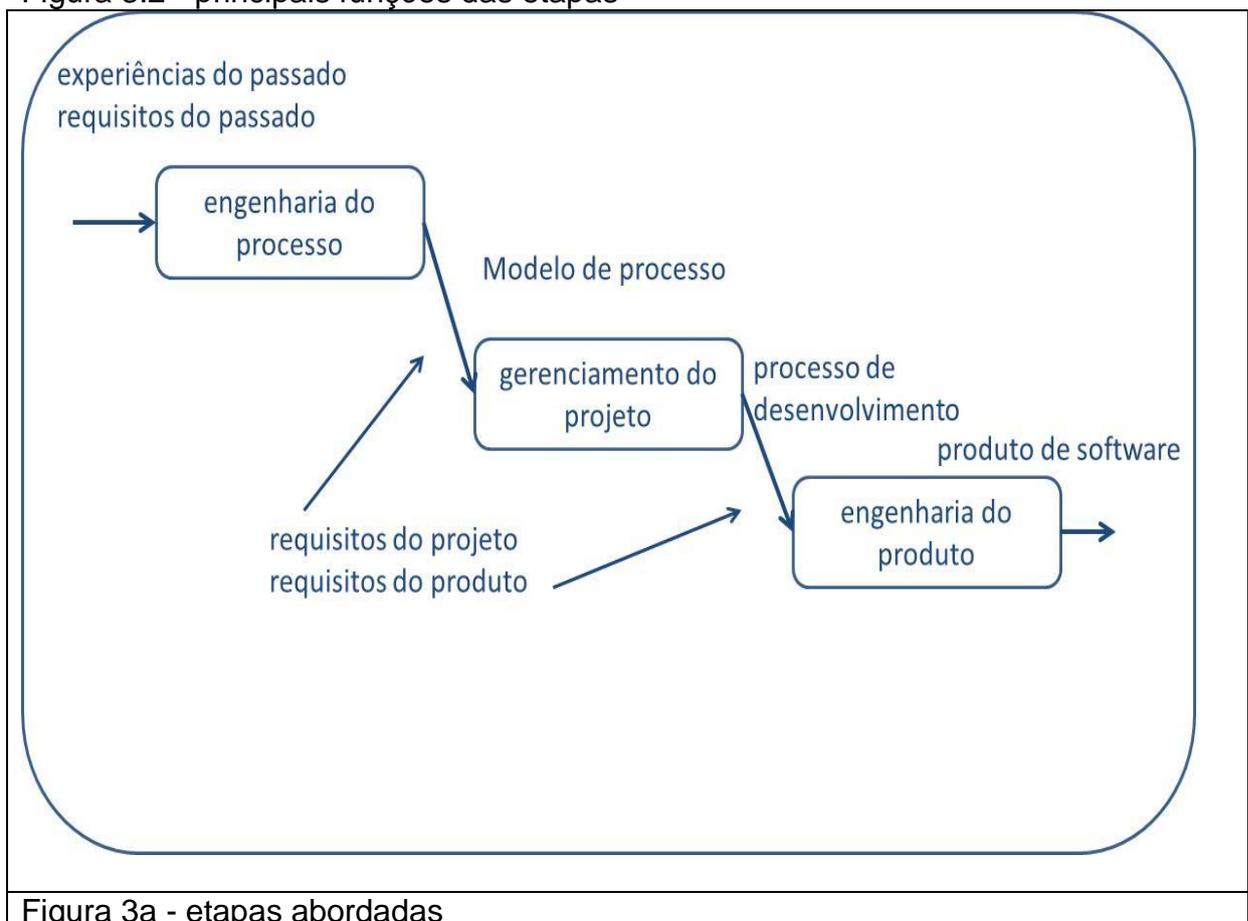


Figura 3a - etapas abordadas

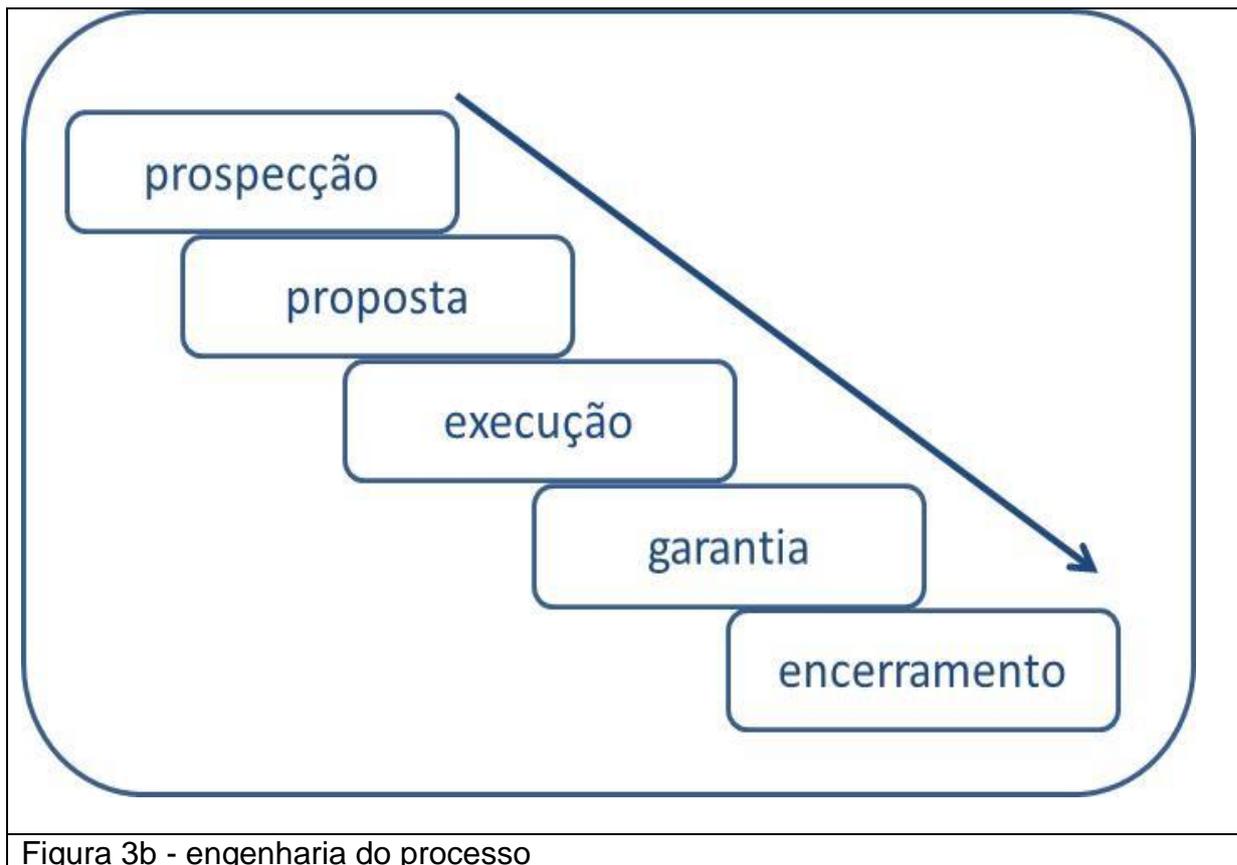
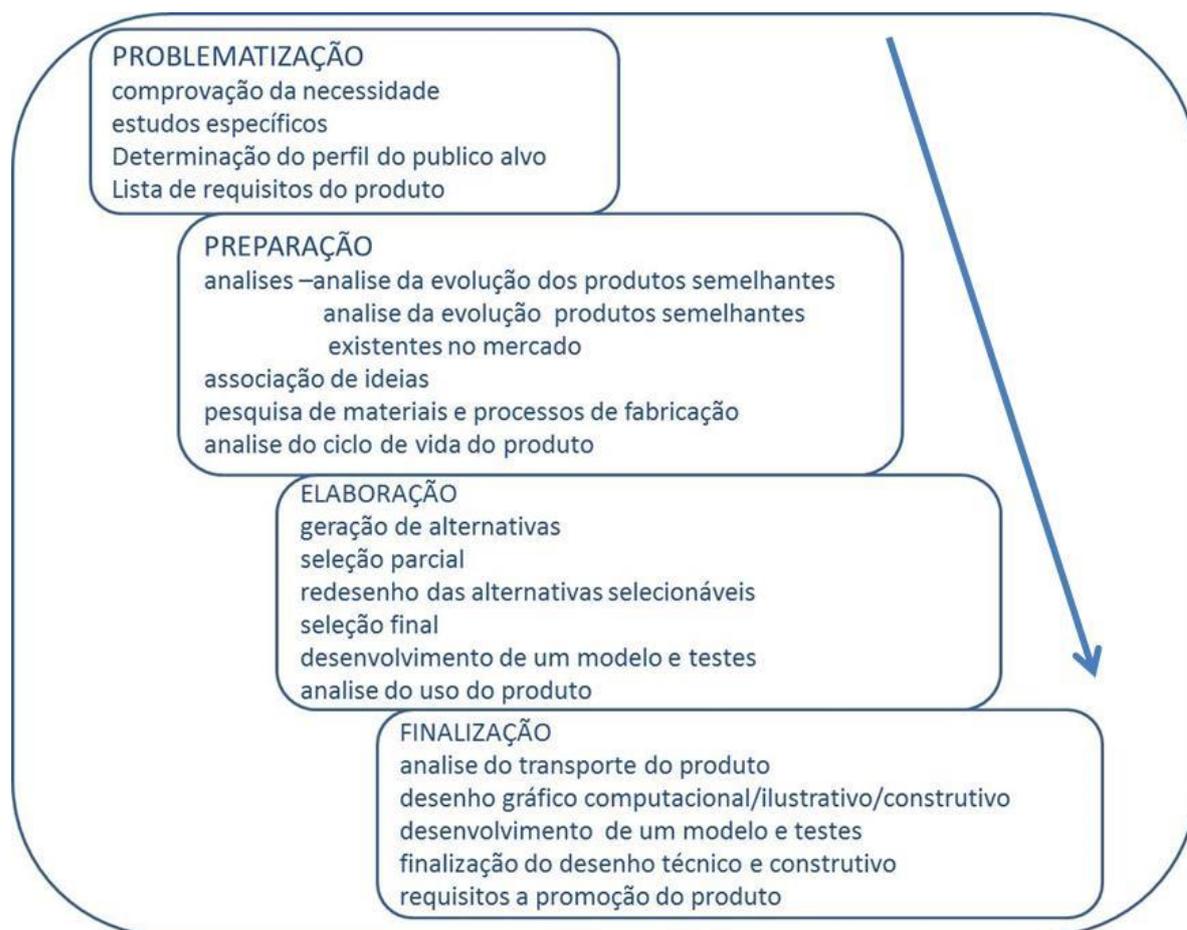


Figura 3b - engenharia do processo

Fonte: Roullier (2008) (adaptado)

Rodrigues e Rosa (2007, apud Pichi^a, 2011) detalham melhor as etapas anteriormente mencionadas, como apresentado na Figura 3.3. O autor reforça a necessidade do “projeto de produto a partir de um pré-projeto” e, para um pré-projeto feito dentro da academia recomenda: definição e delimitação; objetivos; justificativa; metodologia; cronograma; orçamento; bibliografia. Para a *definição*, que trata do que projetar, sugere entrevistas com usuários e vivências participativas. Os *objetivos*, segundo o autor, devem ser considerados como objetivo principal – a definição do projeto, e secundários, que incluem contexto e abrangências. Assim, em resumo, o autor consegue sugerir uma série condições para serem consideradas no projeto/processo.

Figura 3.3 condições para serem consideradas no projeto/processo

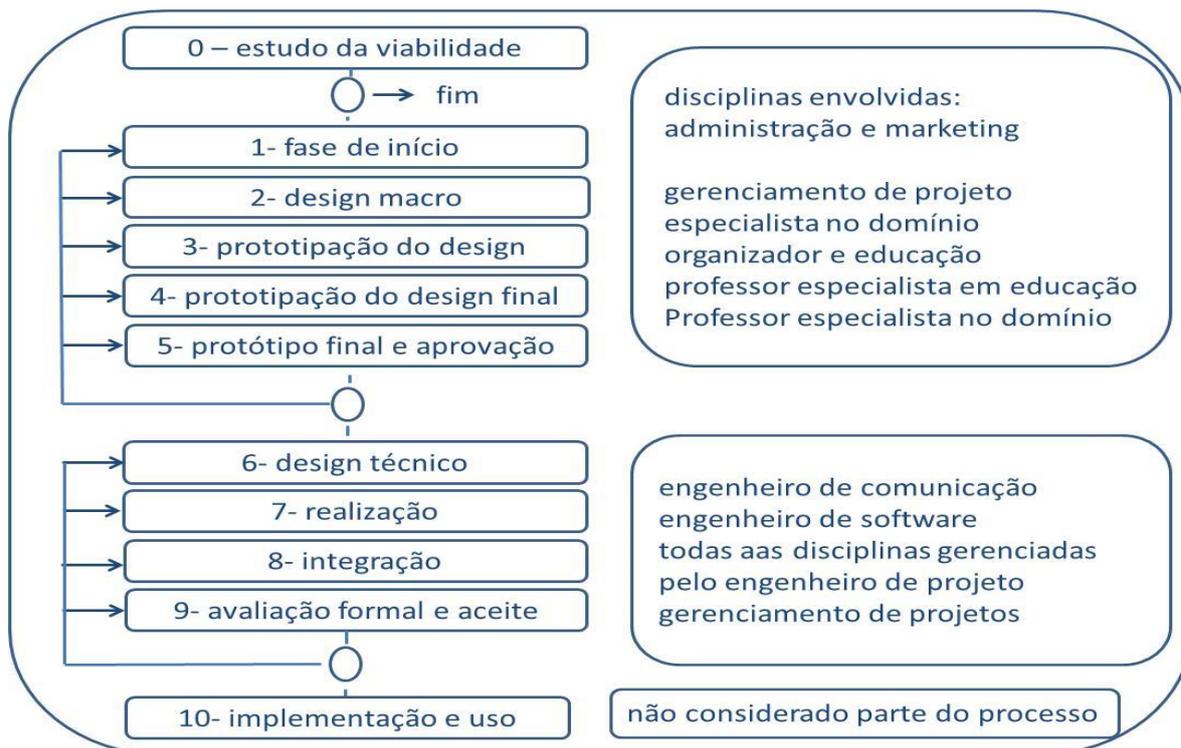


Fonte: Rodrigues (2008) adaptado

Perry (2005) aborda a necessidade, ao tratar de material educacional, de “considerar a integração entre os desenvolvedores, professores e estudantes”, do seguinte modo: (1) professores detêm as estratégias, a experiência em relação aos estudantes e conhecimento do tópico; (2) os estudantes participam da avaliação e contribuem para obter eficiência e (3) os desenvolvedores, em contato com os dois grupos, têm melhor eficiência. Em outras palavras, metodologia participativa, mas considerando a possibilidade de prototipação sem definição clara dos requisitos de entrada, processamento e saída. Desta situação, tem-se a sugestão do uso do modelo CESD (*Cooperative Experimental System Development*), que integra “ativamente o usuário durante todo o processo; testar protótipos em situações reais, ou muito próximas das reais, e fazer projetos sob medida”, e a Figura 3.4. resume tal proposta. Além disso, a autora considera como ferramentas relevantes reuniões com o formato JAD (*Joint Application Development*), ou seja, com livre interação dos participantes. *Checklists* conduzidos

por não especialistas, mas que sistematizam a “identificação dos problemas de usabilidade; reduz a subjetividade; reduz o custo”. A também enfatiza as vantagens de testes com usuários, em geral em número de 5, o que provavelmente permite encontrar cerca de 80% dos problemas.

Figura 3.4 - etapas do trabalho, de acordo como proposta pela autora



Fonte: Pery (2005), adaptado

A engenharia simultânea é uma abordagem sistemática e tem sido apontada como prática de projeto e processo (PRASAD,1997), por ser não linear, também favorece o aspecto de melhoria ambiental (MATOS et al 2009). Além disso, alguns conceitos usados neste trabalho precisam ser melhor compreendidos:

Prova de conceito: Segundo Alves (2011) apud Tonella et al (2007), descreve prova de conceito como após projeto e implementação, a demonstração da viabilidade da proposta. Assim, “não há avaliação de propriedades mensuráveis, no máximo, há uma visão de pontos fortes e pontos fracos da proposta... Esse tipo de estudo é realizado por meio da descrição do funcionamento do aplicativo em um determinado exemplo, que pode ser real ou não. O objetivo, portanto, não é realizar

um experimento formal, mas sim demonstrar como a utilização do aplicativo contribui para o conhecimento.”. Portanto, neste trabalho, a prova de conceito corresponderá ao momento que o autor, ou um grupo pequeno envolvido na pesquisa, verifica a possibilidade de algumas hipóteses iniciais funcionarem adequadamente na construção. São exemplos de prova de conceito neste trabalho verificar se é possível obter aquecimento reproduzível em pequenas regiões ou medir diferentes vazões de gases em um arranjo simples etc.

Prova de uso: a noção de que uma invenção funciona adequadamente pode ser denominada como prova de uso. Por exemplo, na medicina, o simples fato de um paciente demonstrar qualquer alteração, desde que em ambiente controlado, é denominado prova de uso. Para os matemáticos, a prova de uso é “circunscrito tão somente por provas particulares” (OLIVEIRA & SILVEIRA, 2016). Mesmo a lei de patentes aceita o conceito de prova de uso como pequenas indicações de utilização de qualquer objeto sob disputa. (TAVARES, 1996).

Auditoria: a definição de auditoria é tão ampla que encontra uso em vários campos de pesquisa. Gomes et al (2009) apresenta um resumo dessas definições como segue:

Auditoria pode se definir como o levantamento, estudo e avaliação das transações, procedimentos, operações, rotinas e das demonstrações financeiras de uma entidade, ela compreende a verificação de documentos, livros, contas, comprovantes e outros registros financeiros de uma companhia, ela visa à apresentação de opiniões, conclusões, críticas e orientações para as empresas. A auditoria surgiu primeiramente na Inglaterra, pois era a dominadora dos mares e controladora do comércio mundial e criou a taxaço do Imposto de Renda, baseados nos lucros das empresas, mas a auditoria é reconhecida há milênios desde a antiga Suméria. (Gomes et al 2009).

Para a área de Qualidade, Ferreira et al (2008) lembra que:

“auditoria consiste na realização de uma avaliação reconhecida oficialmente e sistematizada pelos interessados, com a finalidade de assegurar que o sistema, programa, produto, serviço e processo aplicáveis perfaçam todas as características, critérios e parâmetros exigidos. Há vários tipos de auditoria: auditoria contábil, auditoria corporativa, auditoria ambiental, auditorias de fornecedores, auditorias de saúde e segurança ocupacional, auditorias de qualidade etc., cada uma com seus parâmetros de exigência e interessados específicos. As auditorias de qualidade são aquelas em que principal objetivo é verificar a conformidade de um sistema em relação ao que foi determinado, sejam em normas, procedimentos, legislações, entre outros”. Ferreira et al (2008).

E Faria (2000) lembra que a função da auditoria, segundo norma NBR ISO 10011 é:

“determinar a conformidade ou não conformidade dos elementos do sistema da qualidade com requisitos especificados; - determinar a eficácia do sistema da qualidade implementado no atendimento aos objetivos da qualidade especificados; - prover ao auditado uma oportunidade para melhorar o sistema da qualidade; - atender aos requisitos regulamentares; e - permitir o cadastramento do sistema da qualidade da organização auditada em um registro”. Faria (2000).

De modo semelhante, a Norma 14010 define que:

A evidência de auditoria é: 1) normalmente baseada em entrevistas, exame de documentos, observações das atividades e condições, resultados de medições e ensaios ou outros meios dentro do escopo da auditoria; 2) informações verificáveis, registros ou declarações. A evidência de auditoria pode ser qualitativa ou quantitativa, permite ao auditor determinar se os critérios de auditoria são atendidos; 3) para garantir a objetividade do processo de auditoria, suas constatações e quaisquer conclusões, é recomendado que os membros da equipe de auditoria sejam independentes das atividades por eles auditadas. É recomendado que eles sejam objetivos e livres de preconceitos e de conflitos de interesse durante todo o processo; 4) a equipe de auditoria pode incluir especialistas técnicos; 5) é

recomendado que a auditoria seja baseada em objetivos definidos pelo cliente. O escopo descreve a extensão e os limites da auditoria.

3.2. – METODOLOGIA DE PROJETO E USO

Considerando o exposto, criaram-se, então, as condições de desenvolvimento deste projeto. Desde o início, utilizaram-se equipes heterogêneas, e, para tanto, montaram-se forças-tarefa e com interação entre dois ou mais níveis de educação profissional, sempre com um modo não linear de agir, o que privilegia a aprendizagem por solução de problemas (PBL) (SA et al, 2007). Geralmente, uniram-se 4 a 5 alunos de ensino médio, 1 a 2 alunos de graduação, 1 graduado (auxiliar de professor) e 2 professores e tutores do ensino superior, isto é, equipe heterogênea no *background* e nas idades. Todas as equipes de trabalho foram compostas por voluntários. Os estudantes vieram do ensino público e compreendem desde calouros no ensino médio até estudantes de doutorado. Coube aos alunos do ensino técnico o desenvolvimento dos testes e exposição dos resultados, alunos de graduação, e também graduados, incumbiram-se de orientação guiada de tais alunos, ou seja, apoderando-se os integrantes da força-tarefa. (FERNANDES, 2014).

Uma etapa importante deste estudo foi formulada por um conjunto de quatro alunos do último ano do ensino médio da área de meio ambiente. Ao final deste curso, exige-se, dos alunos, apresentação, oral e escrita, de um trabalho de conclusão de curso. Assim, estes alunos tiveram acesso à parte eletrônica do equipamento, ou seja, conjunto de sensores para compostos orgânicos voláteis (COVs). O manuseio do equipamento foi ensinado pessoalmente pelo tutor, e consistiu no mínimo necessário para permitir a interação com o instrumento. A pergunta problema formulada aos alunos apresentava múltiplas facetas: como utilizar o instrumento para compreender e avaliar o impacto ambiental, como relacionar esses impactos com os principais usos dos compostos químicos sob avaliação e como propor soluções. O trabalho foi desenvolvido nas dependências da FATEC/SP e monitorado continuamente por um tutor, durante quatro meses, sendo trabalho semanal de cerca de 6 horas. A vantagem dessa localização é a existência, no mesmo campus da faculdade, de uma escola técnica (ETEC/SP). Assim, foi

possível envolver, tanto alunos de ensino médio quanto de graduação. O intuito foi comparar dificuldades e semelhanças no processo de ensino/aprendizagem. Além disso, o exemplo, em um dos grupos testados, enquanto os alunos do ensino médio encontravam-se no último ano do curso profissionalizante em Meio Ambiente, os alunos de graduação pertencem ao segundo semestre de curso na área de Eletrônica. Portanto, a diferença de conhecimentos na área de Química não é muito relevante, especialmente considerando-se que cursos de graduação nessa área têm, no primeiro ano, como maior quantidade de ensino, as áreas de Física e Matemática.

Em etapa posterior, um único aluno experimentou todo o ciclo de desenvolvimento de uma parte do produto, no caso, pequena parte do *kit* aqui desenvolvido, e foi monitorado de perto. Assim, um aluno de graduação respondeu a um questionário pelo qual se procurava saber seu conhecimento sobre miniaturização e cromatográfica. A seguir, desenvolveu-se todo um processo construtivo – fabricação de colunas, testes etc. – sendo observado continuamente por profissional experiente, que, contudo, não interferia em suas atitudes; exceção para pedido claro de ajuda ou risco, de instrumentos ou de pessoa. Obtidos os resultados, o aluno respondeu a novo questionário, pelo qual se verificou sua opinião sobre desenvolvimento autônomo de projeto. Numa última etapa, após 24 horas, para encontrar as explicações do observado, quando se permitiu acesso à *internet* ou qualquer outro meio de consulta, o aluno apresentou suas conclusões ao grupo que o monitorou. Assim, as etapas percorridas pelo aluno são todo o ciclo de testes, avaliação pessoal dos experimentos, resposta a um questionário, em duas fases, entrevista não estruturada, e comparação da explicação dos resultados obtidos pelo aluno e providenciada pelo professor. Portanto, foi possível proceder a um sistema de auditoria *in loco* e *online*. Considera-se que corresponde a uma auditoria, utilizando um procedimento comum em estudos de caso (MATSUYAMA, et al 2014).

É importante salientar que esse trabalho, inicialmente, foi delimitado em seu escopo, e principais características, pelo estudante de doutorado, portanto, a fase inicial de projeto não utilizou interação direta com alunos.

O trabalho apresenta um número muito grande de variáveis, ou seja, pode apresentar fragilidades. As variáveis mais importantes são: a proposta de uso de CESD, que o projeto em questão não pode ser linear – envolve desenvolvimento, testes e *upgrades* contínuos, como descrito pela engenharia simultânea e, finalmente, que envolve a interação de pessoas com ou sem conhecimento prévio dos fenômenos, (SHONNARD, 2003) (JIMÉNEZ- GONZALEZ et al, 2011; TSOK, 2004; FERNANDES, et al 2014) e atuando dentro de equipes, no conceito aprendizagem por solução de projetos (PBL). As respostas mais importantes a serem obtidas são sobre a utilidade do instrumento para ensino e a possibilidade de sua reprodução por qualquer pessoa em qualquer lugar. Para verificar sua reprodutibilidade, uma série de ensaios foram executados. Assim, os principais testes com estes *kits* foram realizados principalmente em duas situações: ambiente controlado e não controlado. Considerando que o ambiente controlado significa uma classe com um professor responsável e/ou um serviço de monitoramento, a situação não controlada leva a *kits* disponíveis, mas nenhuma interação com qualquer instrutor, embora um pesquisador sênior normalmente avalia a resposta por observação direta e filmagem.

As dimensões são a característica mais relevante do *kit* sob desenvolvimento, pois todas as partes e peças foram miniaturizadas, o que garante uma boa mobilidade, diminui consideravelmente o impacto ambiental devido à utilização extensiva, favorece a resposta rápida em qualquer experimento, ou seja, permite o teste de diferentes hipóteses em pequeno período de tempo.

Este trabalho está em conformidade com os 12 princípios de Engenharia Verde e Química Verde, o que significa que usa apenas substâncias ambientalmente amigáveis (SHONNARD, 2003; JIMÉNEZ-GONZÁLEZ et al, 2011) (TSOK, 2004). Assim, os reagentes utilizados para construção de partes e peças do *kit*, bem como testes em campo, utilizaram compostos ambientalmente corretos, principalmente álcool isopropílico e acetona, grau P.A. (para análise), tais materiais podem ser adquiridos em casas fornecedoras de produtos cosméticos (grau USP), sendo de fácil acesso. Também é possível a adaptação pelo uso de materiais de limpeza de fácil acesso.

3.3 CONFECÇÃO DO KIT

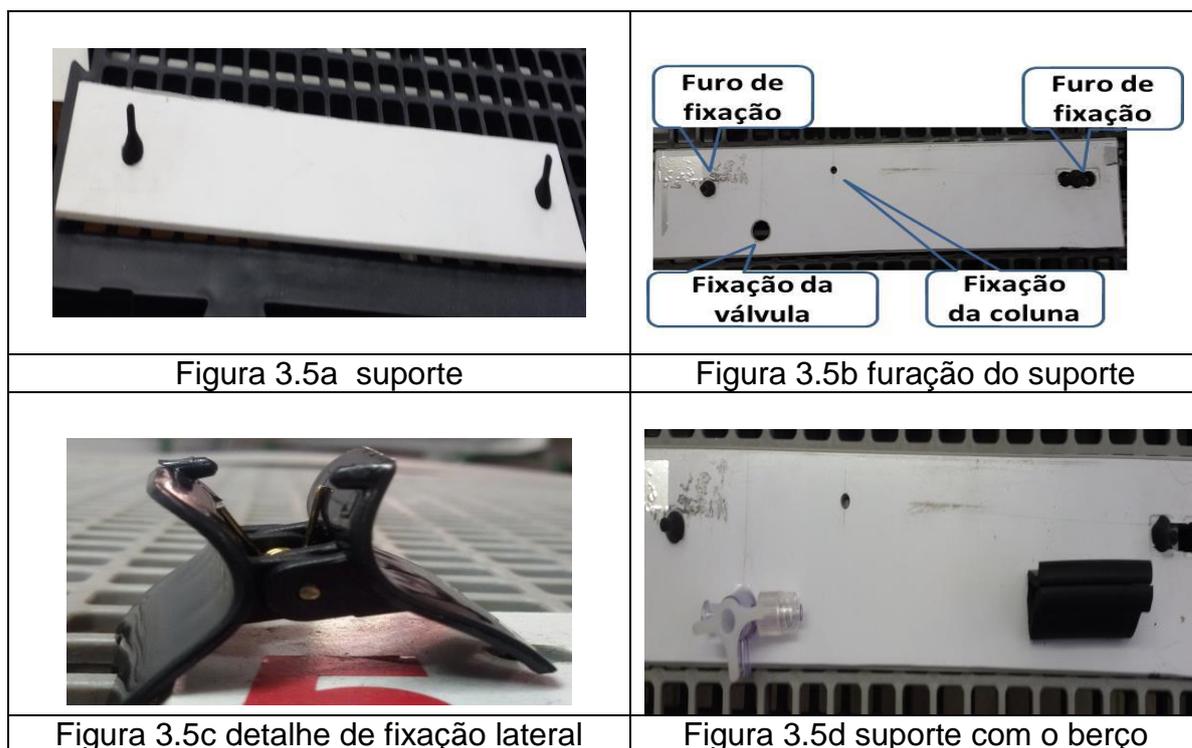
A descrição dos itens utilizados na fabricação do *kit* tem como principais referências, baixo preço, ser de fácil acesso, não tóxico, não ser contaminante, ser reutilizável. A aquisição desses produtos concentrou-se na cidade de São Paulo, tendo como principais aquisições lojas de material hospitalar, loja de ferragens, papelaria e supermercados. Outros itens, mais específicos, podem ser adquiridos via representantes na *internet*. Assim serão descritos os procedimentos de fabricação do *kit*, alguns dos itens na confecção podem ser substituídos por tipos de grandeza maior daqueles descritos nesse protótipo.

3.3.1 SUPORTE DE FIXAÇÃO

Para a fixação da “válvula de três vias”, coluna, sensor e ganchos de fixação, foi utilizado uma placa lisa de cor clara, com um tamanho aproximado 100x40x3mm aproximadamente, este tamanho foi meramente escolhido, podendo o mesmo adquirir outras dimensões e espessura, de material tipo “PVC”. A chapa foi adquirida na “Casa de couros” situada à Rua do gasômetro 443, São Paulo, o preço quando da sua aquisição foi em torno de R\$ 50,00 (cinquenta reais).

O conjunto da figura 3.5 mostra o conjunto suporte, com suas diversas etapas. A figura 3.5a mostra o suporte, que recortado da placa, para o recorte, somente são necessários um estilete e uma régua para as dimensões. Os furos efetuados foram aleatórios, ou seja, não tiveram medidas correspondentes, foi feito um furo de aproximadamente 2 mm, um pouco atrás do furo da válvula de três vias, conforme pode ser observado na figura 3.5b, para a fixação da coluna cromatográfica, nas extremidades foram abertos dois furos de fixação de diâmetro aproximado de 3 mm para a fixação da mesma na base (será descrita mais adiante), de plástico e distante de 10mm da extremidade. Uma das melhores fixações obtida para a base foi através do fixador de cabelos tipo “piranha” que pode ser encontrado facilmente, a figura 3.5c mostra este tipo de fixação. A figura 3.5d mostra o conjunto suporte completo.

Figura 3.5 conjunto suporte



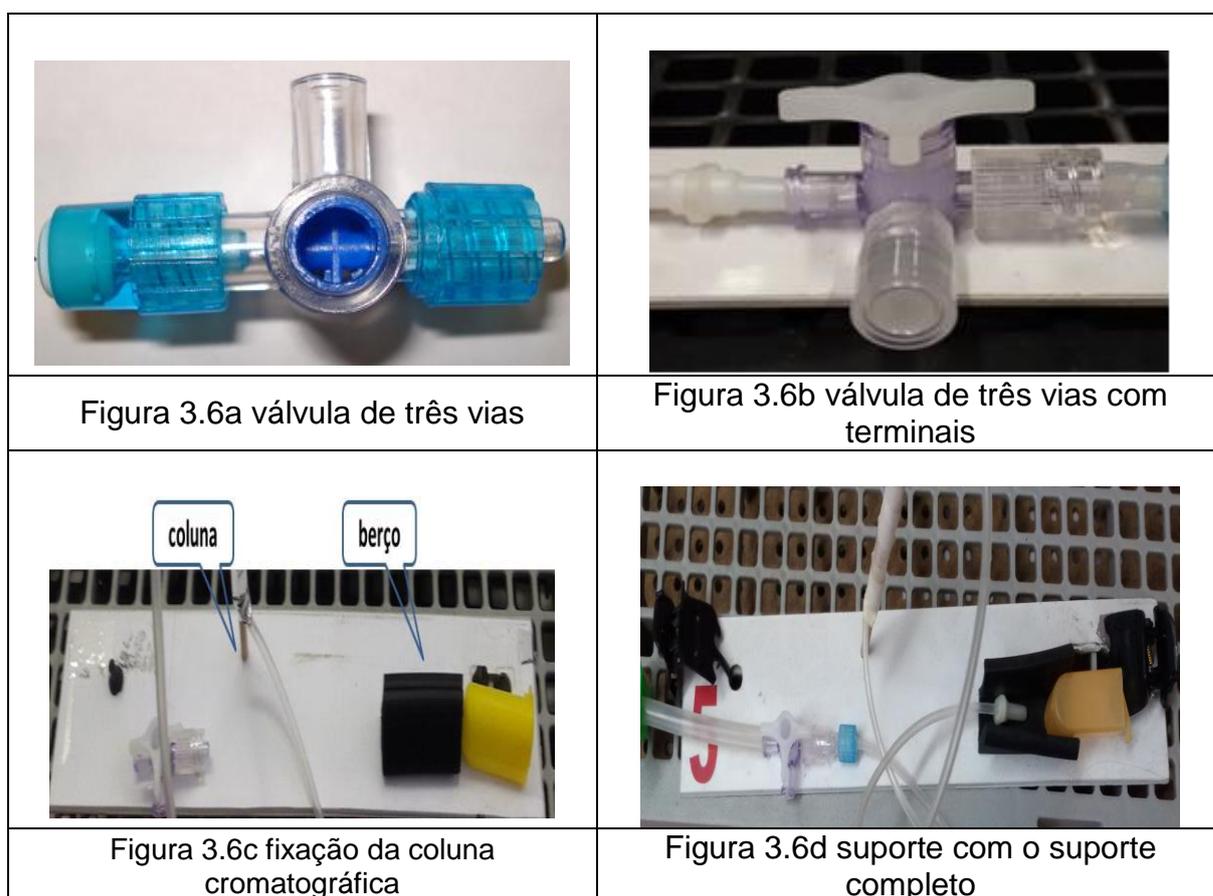
Fonte/autor

Para a fixação da “válvula de três”, foi realizado o seguinte procedimento: verificou-se o diâmetro da base da válvula. Após a medição, aconselha-se começar a furar a base com um diâmetro bem inferior ao da base da válvula, sob pena de trincar o suporte. Em seguinte, aumenta-se o furo várias vezes até atingir o diâmetro, em geral, este em torno de 102 mm dependendo tipo de válvula encontrada. A válvula utilizada foi do tipo Hartmann ®. A fixação da válvula no suporte foi feita com um adesivo tipo cianoacrilato, conhecido popularmente “Bonder”, e foi deixado um tempo de 24 horas para secagem. A aquisição e o custo da cola tipo “Bonder”, encontrado facilmente em papelaria ou supermercado, tem seu custo em torno de 5,00 (cinco reais). Se for o caso da utilização do “berço” o tempo de colagem também de 24 horas. O “berço” adicionado à placa é uma peça de borracha em formato de “U”, de comprimento aproximado de 400 mm, este tipo é opcional, somente foi colocado para fixar o sensor e a saída do reator é ideal para ser usado em ambientes abertos, pois fornece um encaixe e performance melhor no caso de coleta de dados externos, que estão sujeitos a ventos, que podem atrapalhar as medições. A aquisição desse tipo de borracha foi feita junto com o tubo de silicone, localizado na rua Florêncio de Abreu, 344, São Paulo

O suporte ainda irá receber uma coluna cromatográfica sem aquecimento, veja figura 3.5b.

A figura 3.6a mostra uma válvula de três vias, a figura 3.6b mostra a mesma válvula com seus terminais de conexão. A aquisição da “válvula de três vias” foi em casas especializadas de produtos hospitalares, já descritas, e seu preço variou entre R\$ 4,50 a R\$ 5,00 (quatro e cinquenta a cinco reais). A figura 3.6c mostra parte da coluna cromatográfica fixada bem como o sensor colocado no berço, já a figura 3.6d mostra o suporte completo com ligações da válvula, berço e as fixações.

Figura 3.6 conjunto válvulas



fonte autor

3.3.2 COLUNA SEM AQUECIMENTO

Para se construir uma coluna, precisamos de alguns itens que são: Palito de madeira para churrasco, que pode ser obtido em qualquer supermercado ou casas de produtos e equipamentos para churrasco. O palito de madeira possui cerca de 30 cm de comprimento por um diâmetro cerca de 2 a 4 mm, como este dispositivo é de uso geral, comprimentos e seus diâmetros podem variar a cada tipo de marca. O pacote que contem 100 unidades custa cerca de R\$ 3,00 (três reais).

O tubo de silicone pode ser adquirido conforme a especificação. No caso, foram utilizados um tubo de silicone de diâmetro interno de 1,5 mm e um tubo externo de 2 mm, os mesmos foram comprados à rua Florêncio de Abreu, 344, São Paulo. Empregou-se 1.000 mm desse tubo para a fabricação dessa coluna com o preço aproximado de R\$ 7,50 (sete reais e cinquenta centavos) por metro. Por se tratar de pequenas quantidades não foi requerido um rolo com cerca de 50 m. A figura 3.7a ilustra a descrição acima.

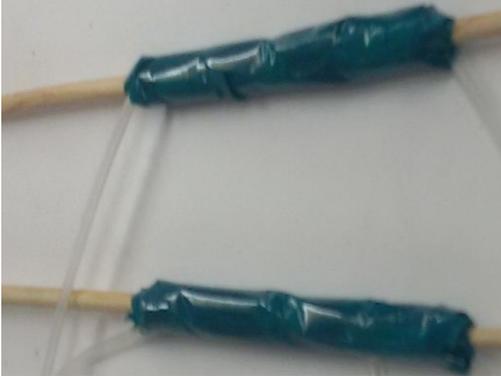
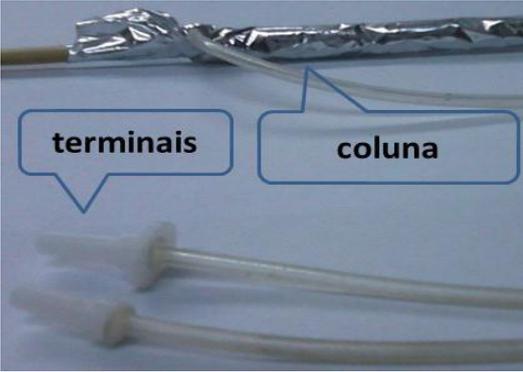
De posse do tubo de silicone, começou a ser enrolado em volta do palito de madeira. Deve-se tomar o cuidado de se deixar um espaço no início do palito, deve-se deixar uma sobra, cerca de uns quatro dedos, para a fixação dos terminais. A partir desse ponto começa-se a enrolar o tubo de silicone através do tubo de madeira suavemente, evitando esticar o tubo e seu estrangulamento e por consequentemente a passagem da mistura no interior do tubo. O mesmo cuidado deve-se tomar na outra extremidade, ou seja, deixar uns quatro dedos para a fixação dos terminais. A figura 3.7b mostra algumas espiras em volta do cilindro de madeira.

Realizada esta etapa, é conveniente envolver a coluna sobre uma fita adesiva, colorida ou transparente. A fita adesiva usada foi do tipo “durex” com uma largura de 10 mm, que pode ser adquirida em uma boa papelaria e tem seu preço por volta de R\$ 5,00 (cinco reais).

A razão do envolvimento da coluna com o durex, transparente ou colorido, tem dois motivos: o primeiro é que as espirais da coluna serão fixadas por inteiro, evitando com isso que o tubo de silicone escape ou se solte, o segundo motivo é que se for usado o “durex colorido” poderá indicar o diâmetro interno da coluna do tubo de silicone e se for usado o transparente será vista a construção

interna da coluna. As figuras 3.7c e 3.7d mostram uma coluna envolvida no cilindro recoberta com a fita adesiva. A figura 3.7 (e) e (f) mostram alguns tipos terminais de encaixe, os terminais também foram adquiridos junto as válvulas de três vias permitindo o encaixe nas mesmas junto a válvula de três vias evitando assim vazamentos.

Figura 3.7 conjunto colunas sem aquecimento

 <p>Cilindro de madeira</p> <p>Tubo de silicone</p>	 <p>Espiras enroladas No cilindro</p>
<p>Figura 3.7a cilindro de madeira e tubo de silicone</p>	<p>Figura 3.7b tubo de silicone envolto no cilindro</p>
	 <p>terminais</p> <p>coluna</p>
<p>Figura 3.7c coluna envolvida por fita adesiva</p>	<p>Figura 3.7d coluna com terminais</p>
	
<p>Figura 3.7 (e) terminal de vedação;(f) terminal de conexão</p>	

Fonte autor

3.3.3 COLUNA COM AQUECIMENTO

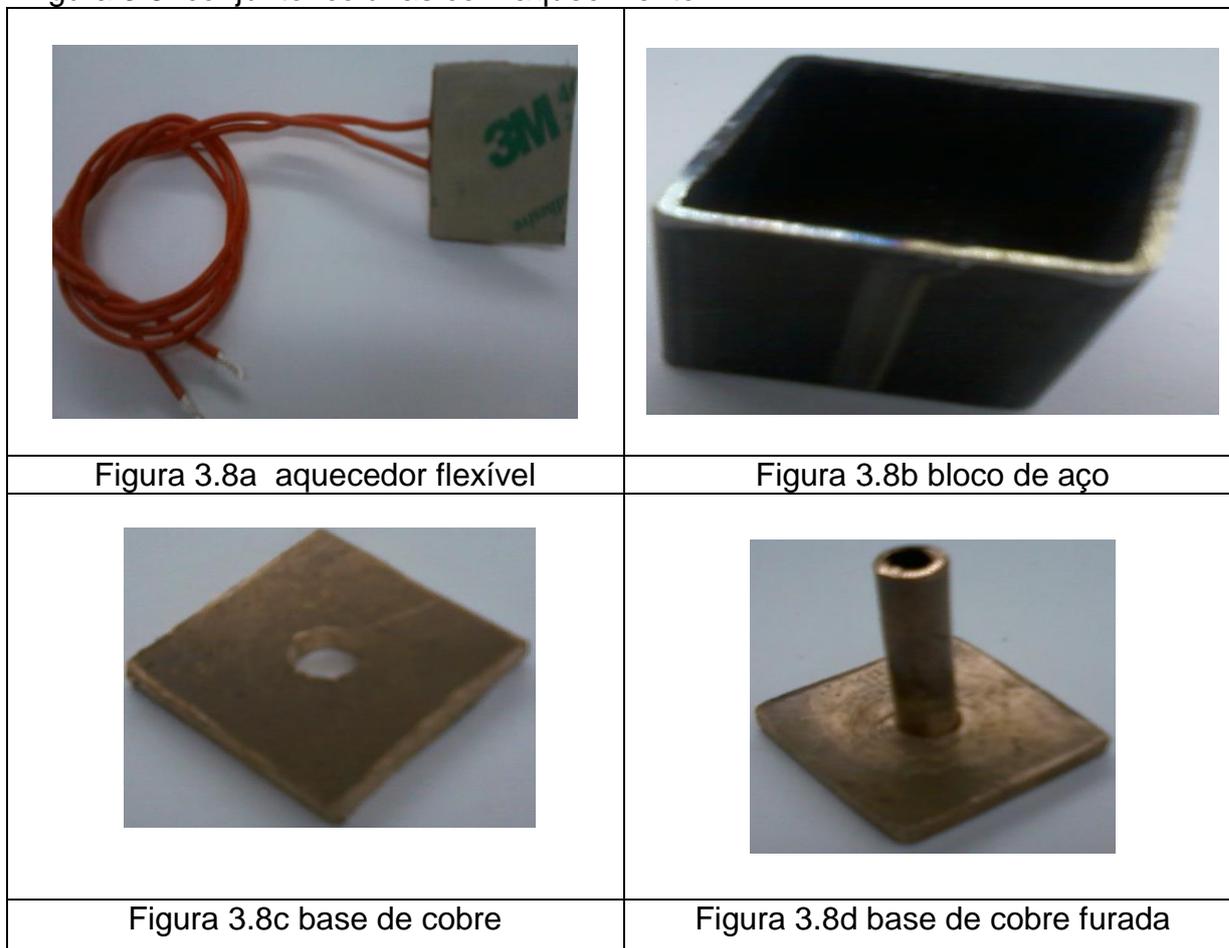
Para que possamos efetuar o modulo completo, ou seja, com aquecimento, foi implementado um sistema de aquecimento através de uma resistência tipo miniatura, ou seja, um aquecedor flexível miniatura tipo SRFG-101/10-P da empresa “OMEGA *engineering* do Brasil”, a fim de aquecer a passagem dos gases no interior do tubo de silicone, o preço do aquecedor flexível miniatura ficou em torno de R\$ 173,10 (cento e setenta reais e dez centavos), a mercadoria foi entregue através do endereço feita no pedido através de Sedex. A resistência pode ser vista na figura 3.8a. Esse tipo de aquecedor flexível pode uma potência de $10W/pol^2$

Uma opção de fazer um sistema de aquecimento, barato e eficaz foi baseado, empregando um tubo de aço inoxidável na sua construção. A utilização do material foi baseada por sua baixa condutividade térmica em relação a outros materiais e por causa de seu custo, em comparação a diversos materiais que podem ser utilizados para este fim. A chapa quadrada de aço inoxidável é do tipo padrão e sua dimensão é de 25,4 mm (1”). Sua aquisição foi feita em uma loja de ferragens, aqui no caso, na “Central de Metais” situada à Rua do Lavapés, 344, São Paulo, este material pode ser encontrado em sucatas. A sua altura tem aproximadamente 400 mm, o tubo utilizado pode ser visto na figura 3.8b.

A construção do sistema de aquecimento conta com uma base de cobre quadrada, que irá ser colocada no interior do tubo de aço. A sua espessura foi de 3mm. Precisamos dessa espessura por dois motivos, para receber o calor emitido pelo aquecedor e para dar fixação necessária a coluna de cobre que irá distribuir o calor ao longo da coluna. Uma espessura de menor calibre talvez não pudesse dar a fixação necessária para a base de cobre. A base e o eixo foram adquiridos na Central de Metais, situada à Rua do Lavapés, 344, São Paulo, seus preços foram aproximadamente de R\$ 12,00 (dozes reais) e R\$ 2,00 (dois reais). A furação foi feita com o auxílio de uma furadeira de baixa rotação pode ser feita também com alta rotação, mas recomenda-se que, em vez de fazer o diâmetro de uma só vez, efetue a furação com diâmetros menores, até atingir o diâmetro necessário. Optou-se pelo furo de encaixe entre a base e a haste de cobre, pois, com o calor recebido, haverá uma dilatação, e o encaixe tornar-se-á firme. A figura 3.8c mostra a base de

cobre já furada. Como pode ser visto na figura 3.8d, a base de cobre já recebe um cilindro de cobre já encaixado com cerca de

Figura 3.8 conjunto colunas com aquecimento

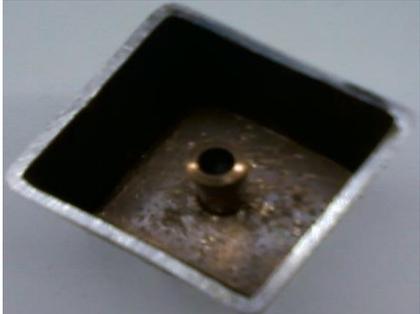
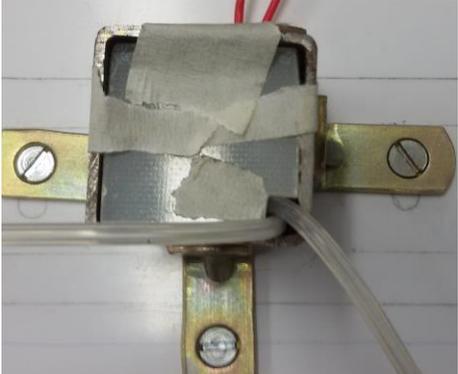


Fonte autor

A figura 3.9a mostra a base de cobre mais o cilindro no interior do tubo de aço. A figura 3.9b mostra a coluna cromatográfica enrolada em volta no tubo de cobre, os fios que aparecem nesta figura serão para fixar a coluna e também ajudar na transferência de calor da parte mais interna para a mais externa. Na figura 3.9c pode se observar a coluna acomodada no interior do tubo. O comprimento do tubo de silicone é de 1000 mm, que é o mesmo comprimento utilizado nas colunas sem aquecimento. Colocando as tampas, na parte superior e inferior, no caso, usamos uma placa de fibra de vidro, com 3mm de espessura, outras espessuras podem ser utilizadas, com dimensões internas do tubo, e que sua aquisição feita em lojas de ferragens, aqui no caso foi comprada à Rua Florêncio de Abreu, 344. As

placas servem para evitar a troca de calor com o meio ambiente e evitar algum tipo de toque acidental com os dedos. Vide figura 3.9d

Figura 3.9 conjunto fabricação coluna de aquecimento

	
<p>Figura 3.9a coluna fixada na base</p>	<p>Figura 3.9b base colocada no interior do tubo</p>
	
<p>Figura 3.9c coluna enrolada em volta do eixo</p>	<p>Figura 3.9d coluna no interior do tubo</p>
	
<p>Figura 3.9e coluna presa ao suporte</p>	<p>Figura 3.9f termômetro infravermelho</p>

Fonte autor

Colocando as tampas, na parte superior e inferior, no caso, usamos uma placa de fibra de vidro, com 3mm de espessura, outras espessuras podem ser utilizadas, com dimensões internas do tubo, e que sua aquisição feita em lojas de ferragens, aqui no caso foi comprada à Rua Florêncio de Abreu, 344. As placas servem para evitar a troca de calor com o meio ambiente e evitar algum tipo de toque acidental com os dedos. Vide figura 3.8h

A figura 3.9e mostra a coluna capilar presa no suporte de fixação, motivo é evitar qualquer movimento mais brusco na placa do conjunto, para que a coluna se mantenha no mesmo lugar impedindo o deslocamento da mesma, evitando qualquer acidente. As travas nada mais são do que cantoneiras de 1" que são fixadas no suporte. A aquisição das mesmas pode ser feita em loja de ferragens, mais parafusos de cabeça chata 1/8x5/32" com porcas sextavadas. No caso, o conjunto foi adquirido à rua Florêncio de Abreu, 344, seu preço aproximado R\$ 8,00 (oito reais). Para se obter a temperatura, foi utilizado um termômetro infravermelho que, quando acionado e apontado para a carcaça da coluna, fornece a temperatura da coluna.

O termômetro foi adquirido em lojas de ferragens por um preço médio de R\$ 80,00 (oitenta reais). A figura 3.9hf mostra o modelo adquirido e usado nesse sistema.

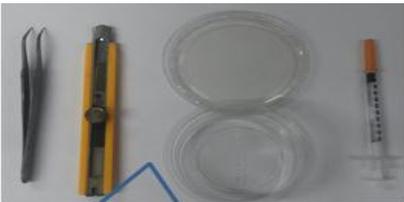
3.3.4 COLUNA CAPILAR

A fim de simular uma coluna capilar, aquela com alguns metros de comprimento, foi simulada uma fibra que pudesse representar e apresentar resultados semelhantes a uma coluna capilar de alguns metros. Foi colocado um pedaço de fibra (esta fibra de carbono é um tipo diferente das convencionais, pois seu entrelaçamento interno é mais uniforme do que as convencionais) no interior de um tubo de silicone. Deve ser ressaltado que para o manuseio da mesma, como retirada do encapsulamento, corte, transporte e inserção no tubo de silicone foram utilizadas luvas, tesouras, pinças, recipiente para receber tratamento, ou seja, a adição de compostos, tudo isso para evitar a contaminação. A figura 3.10a mostra alguns dos instrumentos utilizados no manuseio da fibra, e a figura 3.10b mostra a fibra no interior de um recipiente. A figura 3.10c mostra um pedaço da fibra já recortada no interior do recipiente pronta para receber tratamento, já a figura 3.10d mostra a fibra no interior do tubo de silicone. O tratamento da fibra foi feito com TEOS (tetraethoxysilane).

Foram confeccionados quatro tipos de fibras, três com compostos e uma sem composto. Os tipos de compostos utilizados com TEOS foram o primeiro tipo recebeu somente TEOS, o segundo tipo recebeu TEOS + H⁺, o terceiro tipo OH⁻ diferentes, e a quarta não recebeu nenhum tipo de tratamento

Para a impulsão do gás através das colunas cromatográficas, optou-se por um compressor do tipo SR 7500, da marca Boyu, utilizado para aquários, este tipo não pode ser submerso em água, e pode ser adquirido em lojas especializadas em Pet Shops, este possui uma vazão de 3L/min., que é suficiente para empurrar todo o gás no interior dos tubos de silicone. A razão da utilização deste tipo de compressor é que a vazão é praticamente constante, pois suas palhetas de vibração têm uma velocidade constante, já que a frequência da rede elétrica é constante, então, temos um fluxo de ar contínuo sem variações. Um compressor deste tipo pode ser visto na figura 3.10e. Outra característica útil deste tipo é que o mesmo possui duas saídas independentes, o que se torna interessante para aplicações onde temos uma plataforma dividida. Isto pode ser visto na figura 3.10f.

Figura 3.10 conjunto coluna capilar e compressor de ar

 <p>Alguns materiais utilizados no manuseio da fibra</p>	 <p>recipiente</p> <p>fibra</p>
<p>Figura 3.10a materiais utilizados</p>	<p>Figura 3.10b recipiente contendo a fibra</p>
 <p>Tratamento da fibra</p>	 <p>Fibra no interior do tubo de silicone</p>
<p>Figura 3.10c tratamento da fibra</p>	<p>Figura 3.10d fibra no interior do tubo de silicone</p>
	 <p>Duas saídas independentes</p>
<p>Figura 3.10e compressor de ar</p>	<p>Figura 3.10f duas saídas independentes</p>

Fonte autor

Na aquisição do compressor, é necessário especificar a tensão de alimentação junto ao fornecedor, pois o mesmo não possui chave seletora inclusa. Outro item a ser mencionado é o fato de não se ter tomado nenhum cuidado em relação ao ar, o ambiente em questão não tinha nenhum tipo de controle, como por

exemplo, filtros, o ar da atmosfera era simplesmente aspirado pelo compressor e bombeado para as suas saídas.

O tubo de silicone, por ser um material flexível e de elevada temperatura de derretimento, por volta de 300 °C, foi usado em nosso conjunto. É o responsável pela condução do ar proveniente do compressor e da amostra que é inserida na válvula de três vias. O uso desse tubo, além das características acima mencionadas, é o que menos interfere na passagem dos gases no seu interior, deixando simplesmente as condições de reação ou separação dos mesmos inalteráveis.

Foram adquiridos vários diâmetros, já mencionados anteriormente, sendo nas colunas cromatográficas e na interligação das placas suporte com o compressor. Outros materiais podem ser usados como o látex, mas seu poder de derretimento é muito baixo, por volta de 70 °C, caso fosse usado em temperatura.

3.3.5 BASE DE POLIPROPILENO e BASE DE MADEIRA

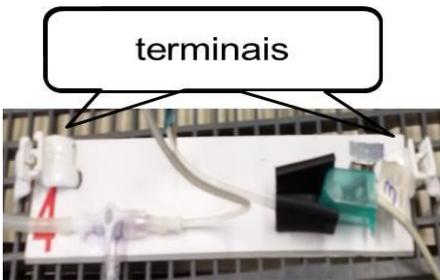
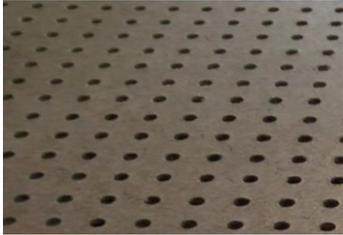
É uma base com dimensões de 500 x 500 mm, que serve para fixação da placa de suporte, como base de operação dos estudantes, além de fixação do compressor, tubos de silicone, divisores fios e outros. Por ter uma base furada, fica fácil a inserção e fixação da placa de suporte, que, dependendo de seu posicionamento e tipo de aquisição a ser realizada, pode até suportar até o número máximo de entrada de sensores. A sua utilização ainda permite o manuseio de transporte sem a possibilidade de quebra, pode ser adquirida em lojas de ferragens, suas cores variam, seu custo está em torno de R\$ 18,00 (dezoito reais) e esta foi adquirida à Rua Florêncio de Abreu, 344, São Paulo, a mesma loja onde foram adquiridos os tubos de silicone, a figura 3.11a mostra uma dessas bases. A figura 3.11b mostra uma placa de suporte e fixação conectada à base através de “piranhas”.

A base de madeira tem duas funções: a primeira é isolar os condutores que estão abaixo da base de polipropileno em contato com o solo. Com isso, isolamos os cabos do contato com a sujeira e líquidos que poderiam futuramente danificá-los; como podemos observar, isso se refere a um fundo “falso”,

a segunda é fornecer uma guia dos condutores a fim de evitar entrelaçamento dos fios e formar uma guia de fácil acesso a esses cabos.

A base de madeira furada do suporte de fixação apoia as bases de polipropileno (ou polietileno), pois as bases de polipropileno podem ser movidas em cima da base de madeira (afastadas para os lados) conforme o número de alunos que estão trabalhando no sistema. Este tipo de base é de fácil aquisição, a sua figura está mostrada na figura 3.11c. A figura 3.11d mostra o detalhamento da base de madeira. Sua aquisição foi feita à rua do Gasômetro, em São Paulo, e seu preço varia entre R\$ 20,00 e R\$ 30,00 (vinte reais a trinta reais). Serve também para a passagem de fios de eletricidade e fios dos sensores, evitando assim o acúmulo de fios na base de polipropileno e problemas de entrelaçamento dos mesmos.

Figura 3.11 conjunto base de fixação

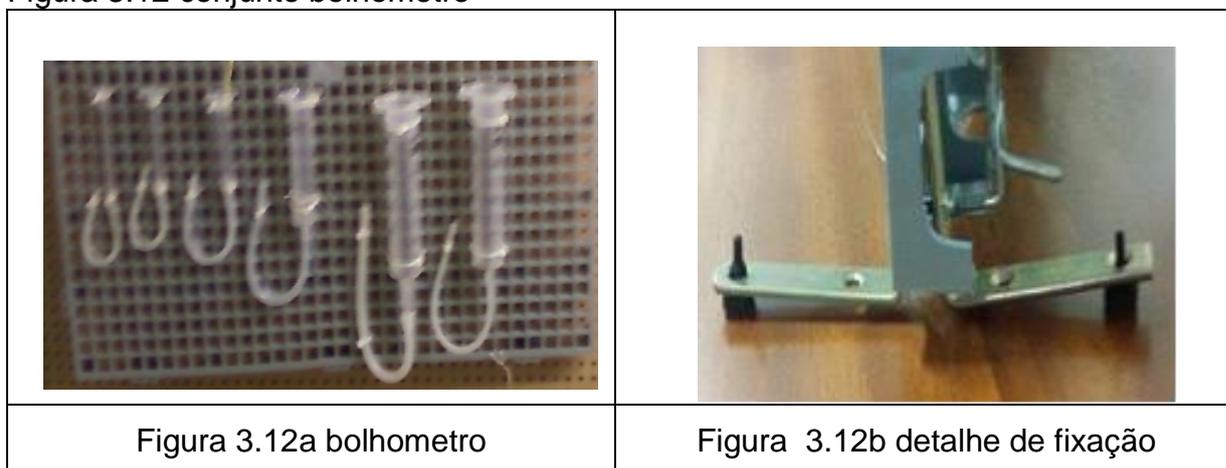
	 <p style="text-align: center;">terminais</p>
<p>Figura 3.11a base de polipropileno</p>	<p>Figura 3.11b fixação do suporte na base</p>
	
<p>Figura 3.11c base de madeira</p>	<p>Figura 3.11d detalhe da base de madeira</p>

Fonte autor

3.3.6 BOLHOMETRO

Sistema integrado ao sistema, cuja finalidade é medir a velocidade de escoamento do compressor de ar com o reagente a um determinado ponto do sistema. O bolhometro foi montado sobre uma base de polipropileno possuindo várias seringas. As seringas foram adquiridas nos tamanhos 60 ml, 30 ml, 10 ml, em loja especializada em produtos hospitalares e ortopédicos, pois seringas destes tamanhos não são encontradas em farmácias; foram compradas na Med Center situada à Av. Miguel Stefano 413, Saúde, São Paulo, valores das seringas variaram entre R\$ 10,00 e R\$ 30,00 (dez e trinta reais), isso irá depender do tipo de saída da seringa, pois, no caso, foram colocadas duas seringas de 60 ml com dois tipos de bicos. As demais seringas podem ser encontradas em farmácias e seus preços irão variar. Foram presas à placa de polipropileno através de fitas de *nylon* de 2,00 mm por 10 mm na cor branca. A figura 3.12a mostra o conjunto do bolhometro. Para sua sustentação, foi adquirida uma cantoneira de 1" (polegada), a fim fazer o apoio, a figura 3.12b ilustra o detalhe. A ideia de se montar esta estrutura desse tipo foi evitar enferrujamento do suporte e a fácil lavagem.

Figura 3.12 conjunto bolhometro



Fonte autor

3.3.7 SENSOR e AQUISITOR e OUTROS FIXADORES

O sensor é o elemento responsável pela captura do gás na saída das colunas cromatográficas, sua aquisição depende de importação e de agente importador, portanto seu preço irá variar de acordo com a cotação do dólar do dia,

na presente data, cada sensor estava na faixa de R\$ 250,00 (duzentos e cinquenta reais). No caso, foi usado um sensor TGS 2640 da empresa Figaro, que tem sua matriz localizada em Tóquio, Japão.

Como o *kit* será manuseado por estudantes, o sensor escolhido foi para proporcionar maior sensibilidade na faixa de VOCs, na concentração dos ppm. A figura 3.13a mostra o sensor na sua base e a figura 3.13b mostra o mesmo encapsulado em uma proteção, que nada mais é do que uma cápsula de proteção de escova de dentes que pode ser encontrado em qualquer farmácia. A razão desta proteção foi a concentrar mais a faixa de atuação e acomodar melhor no berço da placa de suporte e fixação.

Este aparelho tem por finalidade recolher as informações recebidas pelos sensores e enviá-las para um computador com o programa adequado. O tamanho foi adequado para o transporte, isso do uso da alça que serve também como apoio dos sensores e dos cabos de energia elétrica e conexão com o computador. O aparelho não possui chave 110/220 V, por isso, se for utilizado em outras localidades, verificar a voltagem da localidade. O aparelho foi deixado em 110 V, existe a possibilidade de deixá-lo em 220 V. A figura 3.13c mostra o coletor de dados.

O computador serve para armazenar os dados enviados pelo coletor de dados, que poderão ser analisados na hora, pois, quando da aquisição, aparece na tela as variações acusadas pelo sensor, ou futura análise. A figura 3.13d mostra a tela do computador com o programa adequado para a aquisição de dados.

Para dar suporte aos fios, condutores, mangueiras, utilizou-se materiais de escritório, como presilhas de papéis, que podem ser vistos na figura 3.13e, outro item bastante utilizado, de baixo custo, foi o “pregador”, como pode ser visto na figura 3.13f. Esses dois itens são de fácil aquisição e muito úteis, ainda foram usados guias de fios que podem ser vistos na figura 3.13g e a proteção do sensor que é a proteção de uma escova de dentes como pode ser observado na figura 3.13h.

Figura 3.13 conjunto sensor aquisitor



Figura 3.13a sensor na base



Figura 3.13b sensor encapsulado



Figura 3.13c sensor na base

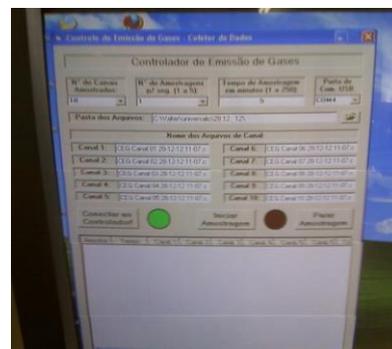


Figura 3.13d tela do computador com o programa apropriado



Figura 3.13e presilha de papéis

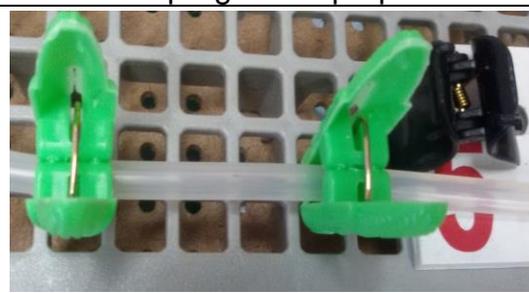


Figura 3.13f pregador



Figura 3.13g guias de fios



Figura 3.13h proteção escova de dentes

4. O USO DE *KITS* DE ENSINO NA APRENDIZAGEM

Durante o desenvolvimento do equipamento, foram executadas algumas regras de projeto, a saber:

- A construção do mini lab. deve utilizar partes e peças de fácil construção, obtenção ou troca, ou seja, permitir que qualquer profissional, mesmo que com pouca experiência manual ou distante de centros urbanos, possa reproduzir o conjunto. Neste contexto, privilegiaram-se componentes que pudessem ser adquiridos por via digital;

- o custo total do conjunto não deveria exceder R\$ 3.000,00 (considerando-se algumas partes de alto custo, mas, em determinadas condições dispensáveis, como, por exemplo, computador), ou, em condições especiais, como locais com pouco fornecimento de equipamento eletrônicos, R\$ 4.000,00.

Além disso, teve-se, ao final do desenvolvimento, o cuidado de desenvolver material didático específico, como, por exemplo, manual de construção de uso dos *kits*.

4.1 O uso do kit como aprendizagem

Durante cerca de três meses, um grupo de alunos teve de realizar diversas atividades tais como: equipamento, medições, poluentes, análise de gráficos e conclusões. Estes conhecimentos foram apresentados em feira (FATEC 2014). Durante o evento, os alunos tiveram de explicar ao funcionamento do *kit*, obtenção de dados, análise, entre outros, a diversos visitantes. Durante o processo de aprendizagem, eles apresentaram interesse em seus propósitos e foram classificados como satisfatórios.

Em outro teste, foi adotado um sistema de um aluno de nível superior. Como ele deve atuar no mercado de eletroeletrônicos, precisa estar bastante familiarizado com a parte final da instrumentação descrita nesse trabalho, que são os sensores (aquisição de dados), além disso, ele também é familiarizado

(porém ainda não, na disciplina, como citada anteriormente, a primeira a abordar os temas) com ideias de miniaturização e fabricação no setor de eletroeletrônicos.

Como ele tem que ter noção de fabricação, tem condições de entender processos químicos que dependem de fluxo contínuo. Por fim, nesse curso, existe uma outra disciplina que trata de técnicas de análises químicas, que é dada no mesmo semestre, portanto, pode servir de *background*, como pré-conhecimento para os testes deles, muito embora não tenha sido declaradamente dentro do experimento informado de que conhecimentos prévios da disciplina de análise seriam utilizados.

Previamente já explicamos, não demos todas as informações, por quê?

Porque queremos desenvolver equipamentos, os quais as pessoas possam “brincar com eles”, no sentido científico do termo: possam fazer pesquisa, possam ter dúvidas, por isso, você não teve um número grande de informações.

Depois de algumas entrevistas, a conclusão do aluno “que gostou do trabalho”, pois envolvia várias etapas de outras matérias envolvidas

4.2 - Análise dos resultados

Várias entrevistas foram gravadas com alunos sobre o equipamento e quase todos gostaram daquilo que experimentaram, envolvendo ou não processos.

Algumas frases mais comuns ouvidas entre os alunos. As palavras chave foram:

- Vista do processo industrial.
- Ganhar horas em aprendizado.
- Vista do produto final.
- Entender cada etapa do processo.
- Como funciona cada etapa do processo.
- Tem mais possibilidade de aprender.
- Agrega conhecimentos em processo industrial.

- Medidas de tempo.
- Análise dos dados aplicados.
- Mede em tempo real.
- Análise dos resultados.
- Ver o resultado final.
- Divisão de grupos.
- Dividindo as funções entre eles.
- Observando variação de temperatura.
- Mandou o ponto em função da temperatura.
- Variação da concentração e temperatura.
- Trabalhando todos juntos.
- Trabalho em equipe.
- Divisão de tarefas.
- Resolver o problema em grupo.

Este capítulo apresentou o projeto, construção e testes do um *kit* para ensino de vários conteúdos da área de STEM, tanto para alunos do ensino técnico quanto para a área de graduação.

De modo geral, o instrumento se mostrou robusto e de fácil manipulação, além de atender vários conteúdos distintos.

Seu uso continuado provou ser possível criar novas abordagens, de acordo com a interação que o aluno tenha com o material disponível, tendo-se como exemplo emblemático uma turma que o viu como um produto a ser descrito (*startup*) para financiadores.

4.3 ROTEIROS PARA EXPERIENCIA

Para elaborarmos um roteiro para as diversas experiências que podem ser realizadas com o equipamento, precisamos primeiramente de algumas instruções básicas de como podemos realizar a operação do equipamento.

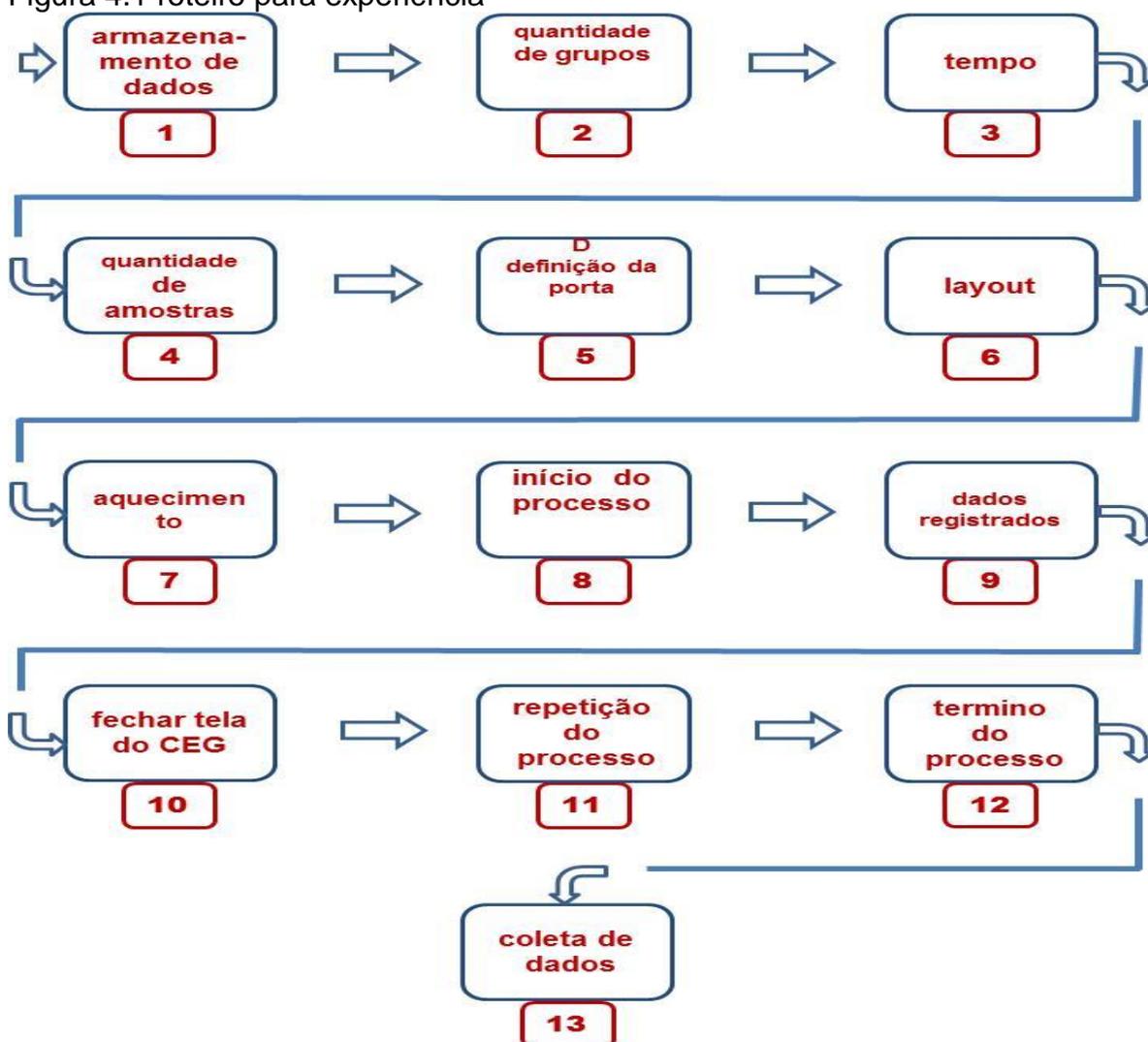
Abaixo seguem algumas instruções que devem ser obedecidas para evitar futuros transtornos para as equipes que estarão realizando experiências e obtendo dados no equipamento.

São apenas sugestões para um primeiro contato com o equipamento. Como o dispositivo é bastante simples, após um primeiro contato, algumas dessas passagens podem ser suprimidas, pois é intuitivo, para que ocorram os experimentos sem problemas, como armazenamento de dados, tempo compilação e análise de dados entre outros. Como o computador é de conhecimento de todos, não se fazem necessárias maiores explicações.

Alguns parâmetros são descritos abaixo, mas podem ser suprimidos ou inseridos alterações dentro deste contexto conforme, o grau de instrução que o grupo recebeu e/ou conhecimento a ser abordado. Uma vez definidas as funções de cada elemento do grupo anteriormente podemos dar continuidade. A figura 4.1 ilustra o enunciado.

Boa experiência.

Figura 4.1 roteiro para experiência

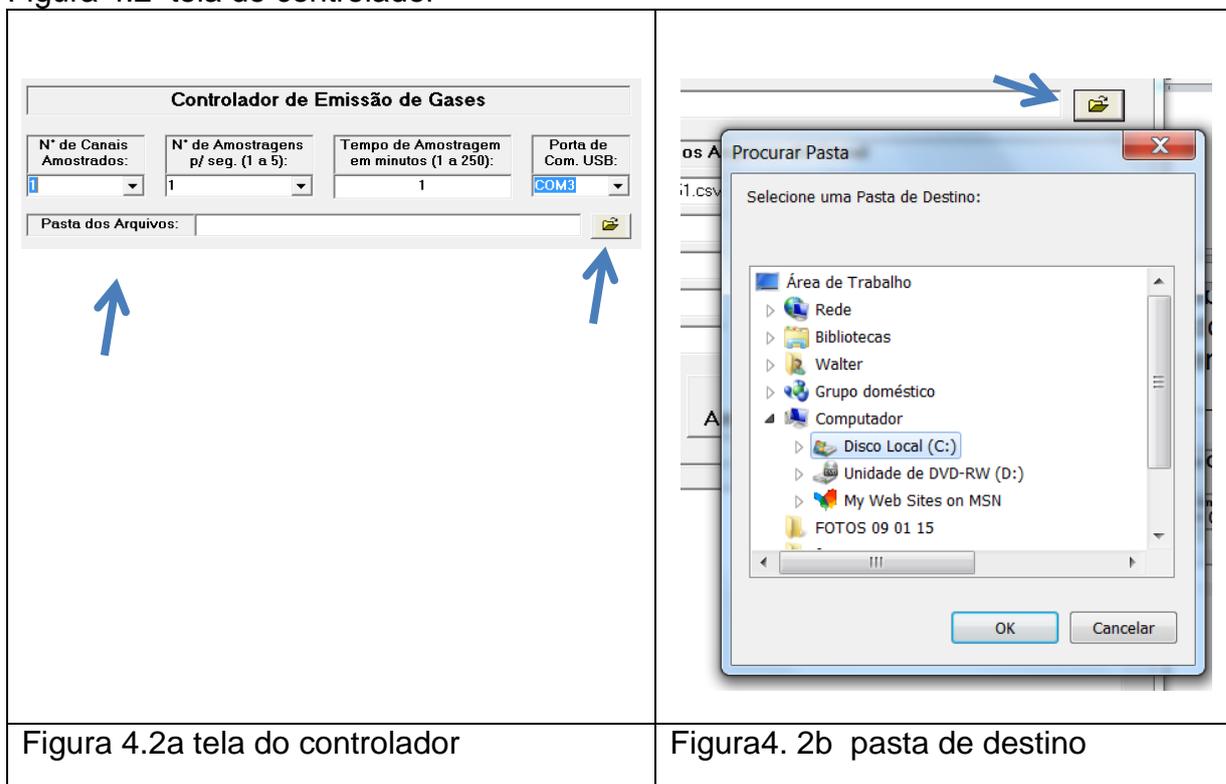


Fonte autor

A primeira alternativa que pensamos quando vamos gerar dados é onde os mesmos serão armazenados.

1- Quando o programa já estiver instalado no computador, vá no menu iniciar. Deverá apresentar um desenho e na frente escrito “controlador de emissão de gases”. É só clicar duas vezes e se abrirá, na tela do computador, a tela do controlador. A figura 4.2a abaixo mostra uma parte da tela e nela uma linha que indica pasta de arquivos e, no fim desta linha, mostra o desenho de uma pasta, clique na pasta e abrirá uma segunda tela, conforme mostra a figura 4.2b, será a pasta destino onde os dados serão armazenados, basta apenas escolher o local de destino e clicar. Pronto os dados serão armazenados no local.

Figura 4.2 tela do controlador



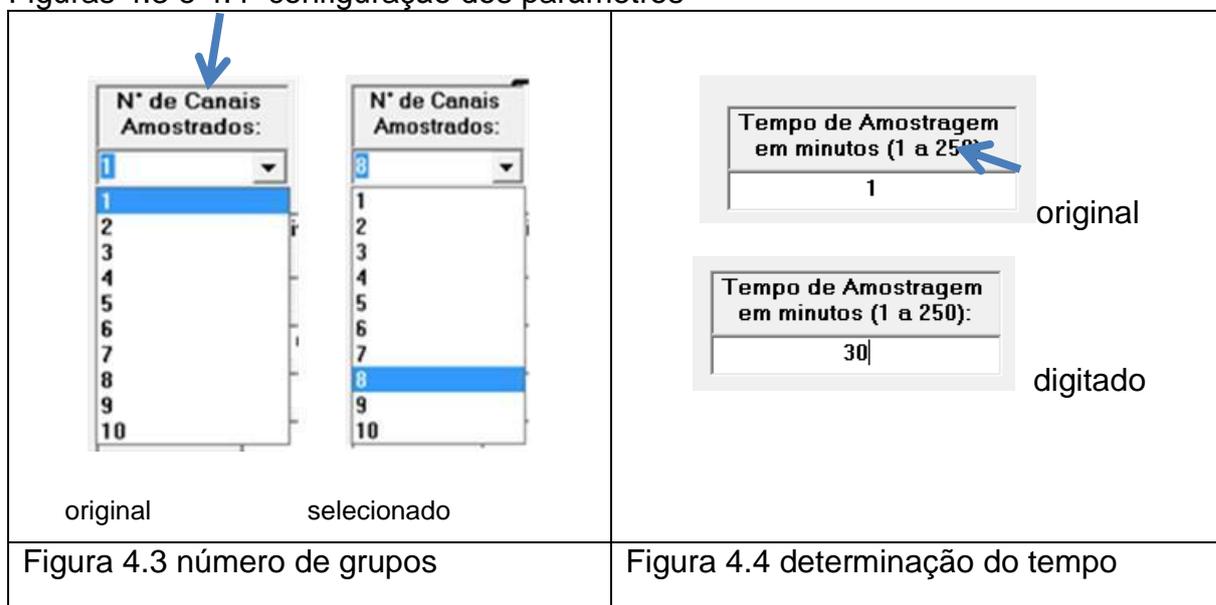
Fonte autor

Como sugestão, abra uma pasta com nome da instituição ou local, depois abra uma subpasta marcando e ano e mês, em seguida abra outra subpasta para marcar o dia em que foi realizado o experimento, assim não haverá problemas de confusão de dados caso o experimento seja realizado mais de uma vez no mesmo dia. Não será preciso colocar a hora, o sistema já colocará a hora do término do experimento.

2 - Nesta etapa, já estará definido quantos grupos irão trabalhar no equipamento, existe a possibilidade de até 10 (dez) grupos trabalharem simultaneamente no equipamento. Na tela do computador, no canto superior esquerdo, marca o número de canais amostrados que corresponde a quantos grupos irão realizar o experimento, é só clicar na targeta do quadro e uma nova janela se abrirá, é só selecionar o número de grupos e fechar a janela, isso é mostrado na figura 4.3.

3 - No termo referente ao tempo de execução do experimento, como não se tem uma ideia da realização do mesmo, coloque um tempo relativamente grande, o software pode ser programado de 1 (hum) a 250 (duzentos e cinquenta) minutos aproximadamente, isto pode ser visto na figura 4, é só colocar o cursor ao lado do número e digitar o tempo necessário. Caso o experimento acabe antes do esgotamento do tempo, existe a possibilidade de parar o sistema sem a perda de qualquer dado. Assim, em uma próxima etapa do experimento, pode-se ter uma noção de tempo de realização do mesmo.

Figuras 4.3 e 4.4 configuração dos parâmetros



Fonte autor

4 - A quantidade amostrada pelo sistema varia de 1 (uma) a 5 (cinco) amostras por segundo, sugerimos deixar em 1 (uma) amostra. Caso o

experimento necessite de informações mais detalhadas, este valor pode ser alterado, conforme mostrado na figura 4.5.

5 - A conexão do computador é via cabo USB, nesse sistema é necessário a seleção de uma porta escolhida pelo sistema automaticamente, quando o aquisitor estiver conectado ao computador, na janela de seleção porta com USB, basta clicar e o sistema abrirá uma segunda porta conforme mostra a figura 4.6, então é só clicar na porta escolhida pelo sistema.

Figura 4.5 e 4.6 número de amostras e determinação da porta

	
Figura 4.5 número de amostras	Figura 4.6 determinação da porta

Fonte autor

6 - Antes de iniciar a amostragem, precisamos montar todo o equipamento. Como já foi definido no item 2, já sabemos quantos grupos ou apenas quantas pessoas irão trabalhar sobre a plataforma. Desta forma, temos a ideia de como podemos fazer a distribuição dos pontos de aquisição de dados. Esse layout serve para demonstrar se a distribuição de postos de trabalho irá satisfazer alguns aspectos tais como: de coordenação e circulação de pessoas ao longo da plataforma. Uma ideia da plataforma montada pode ser vista na figura4.7

Figura 4.7 vista da plataforma montada



Fonte autor

7- Nessa etapa, como já definido anteriormente, se o equipamento estiver usando o aquecimento, deve ser usado um termômetro infravermelho em conjunto, a fim de monitorar a temperatura no interior da coluna. Ao se medir a temperatura, sempre apontar para o mesmo ponto de leitura, assim teremos uma leitura contínua. A figura 4.8 mostra a medida de temperatura sobre uma coluna com aquecimento.

Figura 4.8 monitoramento de temperatura



Fonte autor

8 - Com os itens anteriores já previamente definidos, as montagens do equipamento já concluídas e com os diversos parâmetros para análise já estabelecidos, e com os grupos já tomando a sua posição dentro da ilha de trabalho, podem dar início à aquisição de dados. Voltando à tela do computador, podemos clicar em iniciar amostragem. Ao se clicar, a indicação que estava vermelha passa a ser verde, conforme indica a figura 4.9a. Os dados serão mostrados na tela do computador e serão armazenados automaticamente na pasta de destino já definida no item 1. Quando o tempo estiver se extinguido, é mostrada, na tela, a mensagem fim do período de amostragem, como mostra a figura 4.9b. Caso ocorra alguma perturbação durante o processo de amostragem, esta poderá ser interrompida clicando-se em parar amostragem, este recurso permite que amostragem seja interrompida nesse instante e quando retomarmos a aquisição, esta começara um novo processo, apagando os itens já registrados, portanto, deve-se verificar antes se todos postos de trabalho, estão em conformidade, pois uma vez acionado “parar amostragem”, não será possível a continuação. Após a primeira análise, faz-se necessário o ajuste do tempo, isso pode ser verificado com todos os grupos.

Figuras 4.9 (a) e (b) inicio e final da amostragem

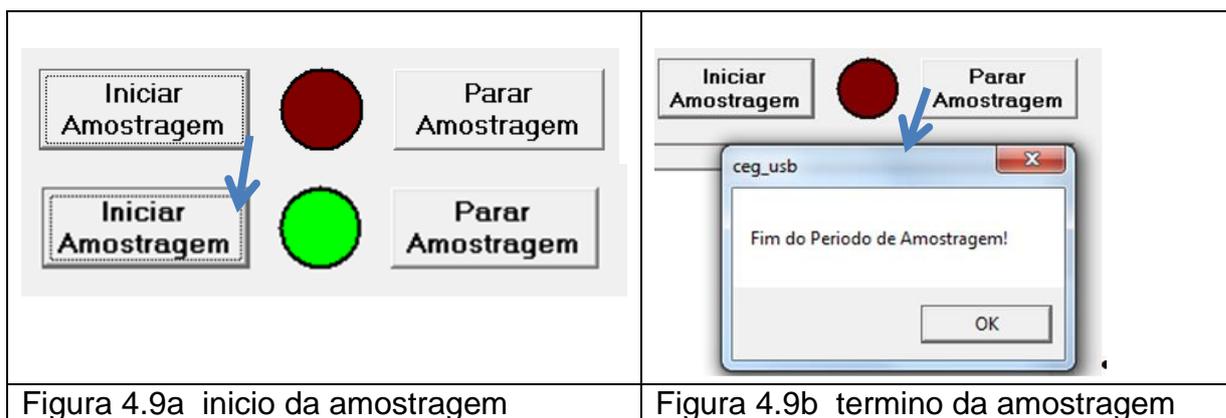


Figura 4.9a inicio da amostragem

Figura 4.9b termino da amostragem

Fonte autor

9- Os dados mostrados na tela do computador e são registrados na pasta de destino em uma planilha do Excel. Nessa planilha, são encontradas dada da coleta, dia mês e ano, horário, canal amostrado, quantidade de amostras por segundo, número da amostra, tempo, valor (ou intensidade), a figura 10 mostra parte de uma tabela que é armazenada na pasta destino

Figura 4.10 dados registrados no computador

Controle de Emissão de Gases			
Data da Coleta: 15/11/2013 09:17			
Canal Amostrado: 01			
Quantidade de Amostragens por segundo: 1			
Nº Amostra	Tempo	Valor	Faixa
1	00:00:00:01:0	0,845	mV
2	00:00:00:02:0	0,84	mV
3	00:00:00:03:0	0,84	mV
4	00:00:00:04:0	0,835	mV
5	00:00:00:05:0	0,835	mV
6	00:00:00:06:0	0,825	mV

Figura 4.10 parte da tela de dados contidos no computador

Fonte autor

10 - O primeiro procedimento a se fazer após o encerramento do tempo de amostragem, é fechar imediatamente a tela do controle de emissão de gases. Com isso, estamos garantindo que os dados foram armazenados, evitando-se assim um possível acidente como, alguém, involuntariamente, acionar novamente a tecla iniciar amostragem. Caso isso ocorra, os dados serão gravados em cima dos

dados coletados. A figura 4.11 mostra uma tabela de Excel, completa, no caso, o tempo foi marcado de 20' e o número de amostras atingiu 1.200 amostras.

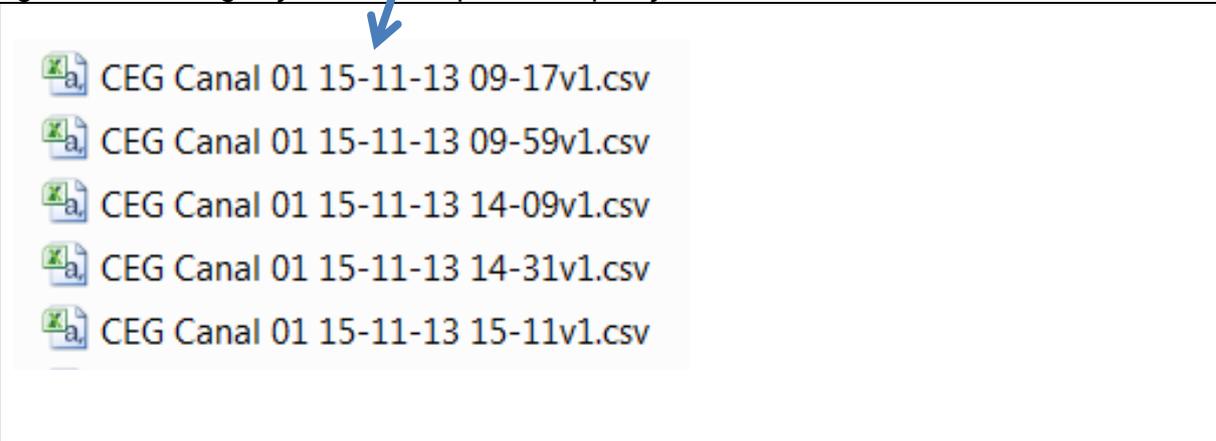
Figura 4.11 parte de uma tabela armazenada no computador

Controle de Emissão de Gases			
Data da coleta: 15/11/2013 09:17			
Canal amostrado: 01			
Quantidade de amostragens por segundo: 1			
N° Amostra	Tempo	Valor	Faixa
1	00:00:00:01:0	0,845	mV
2	00:00:00:02:0	0,84	mV
3	00:00:00:03:0	0,84	mV
4	00:00:00:04:0	0,835	mV
.....
1.198	00:00:19:58:0	0,347	mV
1.199	00:00:19:59:0	0,347	mV
1.200	00:00:20:00:0	0,347	mV

Fonte autor

11 - Para o caso de outras coletas de dados, devem-se repetir os itens anteriores. Clicando no ícone CEG e abrindo uma nova tela do computador, programando os itens já descritos. Quando os dados são armazenados na planilha Excel, deve-se observar o tempo entre as coletas a fim de saber qual a ordem de amostras ao longo do experimento. A figura 4.12 ilustra o caso: A seta indica termino as 09:17depois vem 09:59 e assim por diante

figura 4.12 designação dos tempos de aquisição



The image shows a list of five CSV files in a file explorer. A blue arrow points to the first file. The files are:

- CEG Canal 01 15-11-13 09-17v1.csv
- CEG Canal 01 15-11-13 09-59v1.csv
- CEG Canal 01 15-11-13 14-09v1.csv
- CEG Canal 01 15-11-13 14-31v1.csv
- CEG Canal 01 15-11-13 15-11v1.csv

Figura 4.12 tabela encontrada no Excel

Fonte autor

12 - Terminado o processo, deve-se ter o cuidado com os materiais utilizados, principalmente com as seringas, que sempre devem estar protegidas com sua tampa, outro cuidado que se deve ter é em relação às colunas aquecidas. Com a elevação da temperatura, o seu manuseio torna-se mais delicado, pois a temperatura na carcaça pode chegar a valores que podem provocar queimaduras se não manuseado corretamente.

13 - A recuperação dos dados armazenados pode ser feita através de um dispositivo armazenador de dados com entrada USB, no local da pasta onde foram registrados os dados. Os dados estão em formato de planilha Excel. O tamanho da planilha depende de alguns fatores, como tempo de aquisição e quantas aquisições, mas geralmente são de tamanho bem reduzido.

Este capítulo apresentou o projeto, construção, testes e um roteiro para experimento, para ensino de vários conteúdos da área de STEM, tanto para alunos do ensino técnico quanto para a área de graduação.

De modo geral, o instrumento se mostrou robusto e de fácil manipulação, além de atender vários conteúdos distintos.

Seu uso continuado provou ser possível criar novas abordagens, de acordo com a interação que o aluno tenha com o material disponível, tendo-se como exemplo emblemático uma turma que o viu como um produto a ser descrito (startup) para financiadores.

5. - ANÁLISE E RESULTADO DA APRENDIZAGEM

Como explicado na metodologia, neste trabalho, utilizaram-se as etapas de desenvolvimento de projeto, otimização, produção e testes de produto. Por tratar-se de material educacional, tanto o desenvolvimento quanto os testes ocorreram com o envolvimento de alunos, quer de graduação quer de ensino médio. Assim, nos itens seguintes, descrevem-se, primordialmente, as etapas mais críticas do desenvolvimento, suas limitações, desafios, vantagens, desvantagens, etc.

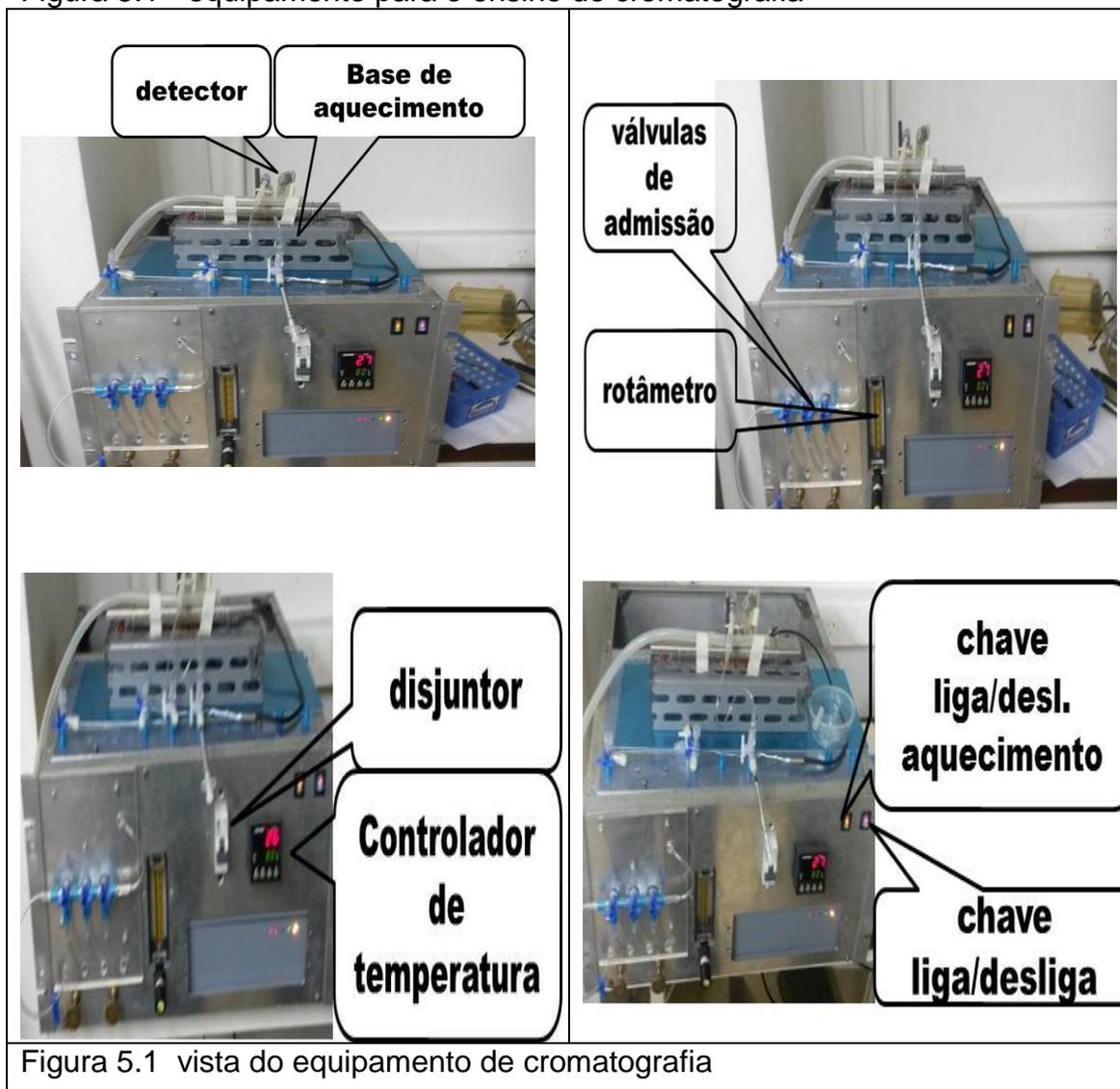
5.1. - *KIT* EDUCACIONAL: DEFINIÇÕES DE CONTORNO

O sistema aqui descrito e testado utiliza conhecimentos prévios obtidos com equipamento eletrônico de baixo custo (PICHÍ^a, 2011), apresentado na Figura 5.1. No equipamento em questão, algumas vantagens ficam evidentes de imediato, mas suas limitações também. Genericamente, o equipamento em questão possui três regiões distintas, mas não claramente separadas na montagem, e com diferentes funções. São elas: local de admissão de amostras, manipulação de amostras e detector. A inserção da amostra é feita em fluxo contínuo, usando ar como gás de arraste, e a região em que ocorre a manipulação corresponde a um mini reator aquecido até 300°C, que tem como função a separação da amostra em seus componentes, ocorrendo posteriormente a detecção destes para criar os dados que permitem entender, não só o conceito de separação de componentes (cromatografia gasosa), como também a mecânica de fluidos inerente, uma vez que o reator é formado por micro canais.

No equipamento, o pequeno tamanho e a concentração dos minis reatores em uma única base sólida diminuem sensivelmente o custo, mas também dificultam a utilização do sistema por um número maior de alunos, por exemplo, em uma sala de aula comum do ensino médio ou mesmo da graduação. A compacticidade do sistema também é útil para evitar perda de calor e prevenir acidentes, mas igualmente o torna uma “caixa preta”, pelo menos durante o uso.

Pelo exposto, um *brain storm* foi efetuado com usuários do equipamento e um novo set de parâmetros (condições de contorno) foi estabelecido, principalmente dentro do lema “qualquer um, qualquer hora, qualquer lugar”, ou seja, tentou-se preservar a portabilidade do produto, mas, adicionando a este, funcionalidades que pudessem ser reproduzidas por qualquer leigo. A tabela 5.1 descreve tais finalidades.

Figura 5.1 - equipamento para o ensino de cromatografia



Fonte: autor

A tabela 5.1 resume as funcionalidade requeridas ao kit didatico

Tabela 5.1 – Funcionalidades requeridas ao *kit* didático

Funcionalidades
Baixo custo, facilidade de construção.
Portabilidade.
Com três regiões – inserção, manipulação, detecção – claramente separadas.
Versatilidade.
<i>Plug and play</i> (fácil troca de partes e peças, não só facilitar manutenção como também para analisar diferentes parâmetros do sistema, tais como diâmetro e comprimento dos reatores).
Atendimento simultâneo de pelo menos 10 alunos e com ampla manuseabilidade.
<i>Layout</i> flexível, ou seja, com facilidade de mudança.
Material resistente, de fácil reposição e com baixa probabilidade de provocar acidentes por manipulação.
Atendimento de várias áreas do conhecimento, para facilitar a multidisciplinariedade. No presente caso, as áreas alvo são: Física (com mecânica dos fluidos), Química (com cromatografia, injeção em fluxo contínuo - <i>flow injection analysis</i> e similares) e Engenharia Química (micro e mini reatores, ilha de manufatura, operações unitárias etc.) e a área auxiliar é a Matemática (pela manipulação dos dados, construção dos gráficos e interpretação dos resultados).
Aplicação no ensino médio e graduação.

Fonte: autor

De posse dessa nova proposta, o problema foi dividido em partes menores, para facilitar o projeto. Assim, os principais blocos definidos foram:

1. Sistema de manipulação de amostras: colunas e reatores:

Como descrito anteriormente, há uma grande similaridade entre as colunas capilares e as empacotadas com os reatores de leito, principalmente os de leito fixo e os fluidizados; aquecimento, tanto de colunas como de reatores, são importantes para também definirem as diferenças no comportamento fluídico de partes e peças de um sistema, portanto, é importante apresentarem, em separado, reatores aquecidos e à temperatura ambiente. Espera-se, com isso, privilegiar a comparação entre os comportamentos obtidos - dimensões – colunas capilares dos modernos

cromatógrafos podem apresentar dimensões da ordem de centenas de metros, o que é impraticável em um sistema de ensino. Outra variável importante é a característica físico-química da superfície. No presente caso, decidiu-se não tentar modificar as superfícies de colunas capilares, optando-se por um sistema de mais fácil construção, as colunas empacotadas. Reatores, especialmente micro reatores, apresentam como importante parâmetro a relação área/superfície, além das suas dimensões totais relacionarem-se de modo complexo com o comportamento fluídico, por exemplo, com a formação de camada limite etc.

2. Sistema de detecção de amostras.

Não teve variação significativa, em termos eletrônicos, ao proposto anteriormente (PICH, 2011). Contudo, devido às mudanças propostas para o *layout*, inclusive permitindo que o arranjo tivesse similaridades com as ilhas de manufaturas comuns nos empreendimentos modernos, tornou-se necessário aumentar o comprimento do fio que conecta o detector propriamente dito e o sistema de aquisição de dados. Observe-se que, em empresas, é comum manter a infraestrutura de fluidos (gases, água, reagentes etc.) e elétrica longe da área de operação, principalmente por questões de segurança. No presente caso, a segurança não seria seriamente comprometida pela existência de fios aparentes, contudo, também não facilitaria a analogia com os setores produtivos.

3. sistema de inserção de amostras.

Para assemelhar-se às condições de produção, onde sistemas de controle distribuído são comuns, espera-se que o projeto tenha total independência dos outros sistemas e de seus similares. Em outros termos, cada conjunto tem de permitir um fluxo de contínuo de ar, uma região para acoplamento dos reatores – de acordo com a escolha individual ou de cada grupo que está manipulando tais reatores, e do detector. Além disso, válvulas controladoras para a inserção de reagentes.

5.1.1 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O LAYOUT

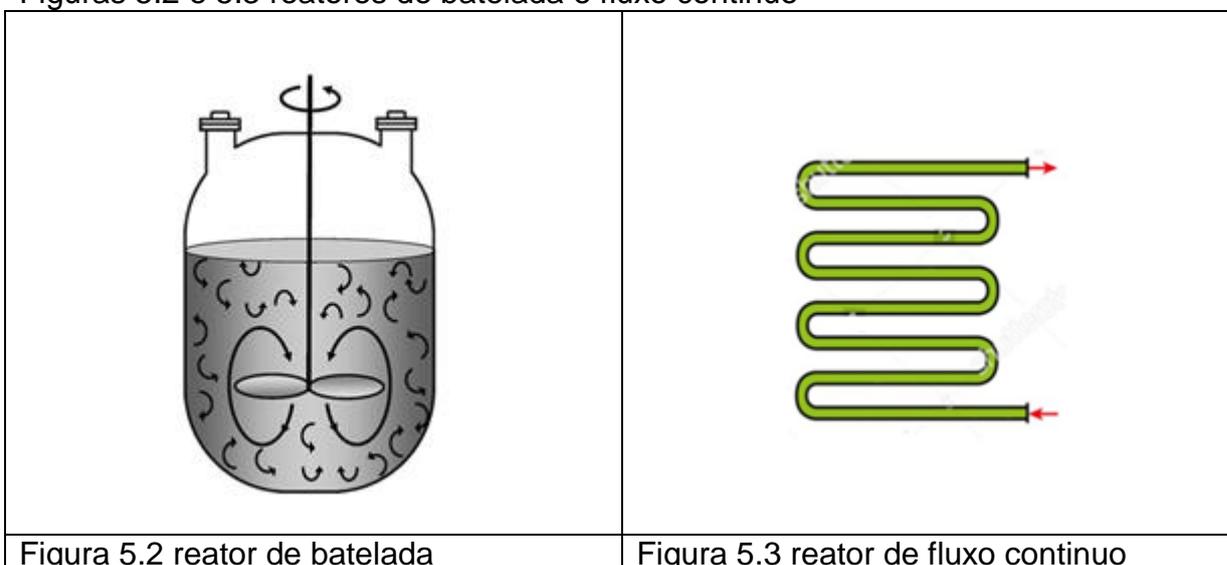
Na prática, o *layout* é duas bancadas separadas pelo micro, mas sobram dois sensores que irão ser usados para o controle do ambiente, para testes do professor ou para uso nos reatores grandes, de batelada.

5.2. - MONTAGEM DE PARTES E PEÇAS E PRIMEIROS TESTES

5.2.1 - REATORES

Segundo Kaminari (2006), os reatores ideais, “aqueles para os quais se desenvolve um modelo matemático específico a partir de condições pré-estabelecidas e que aplicado às condições reais se ajusta adequadamente”, são em Batelada ou Descontínuo, Contínuo ou em Estado Estacionário e, Semi-Batelada ou Semi-Contínuo. A figura 5.2, representa uma simbologia do reator de batelada e a figura 5.3 representa uma simbologia de um reator em fluxo contínuo. O reator Batelada é útil para quantidades relativamente pequenas de material, sua utilização é estanque, com os reagentes sendo então admitida, a reação ocorrendo e então o reator sendo descarregado. O reator Contínuo, por sua vez, permite operação contínua e controle automático; útil para velocidades de reação e de produção bem elevadas

Figuras 5.2 e 5.3 reatores de batelada e fluxo contínuo



Fonte: /www.informit.com/articles/www.goethes-farbenlehre.com

5.2.1.1 REATOR DE BATELADA

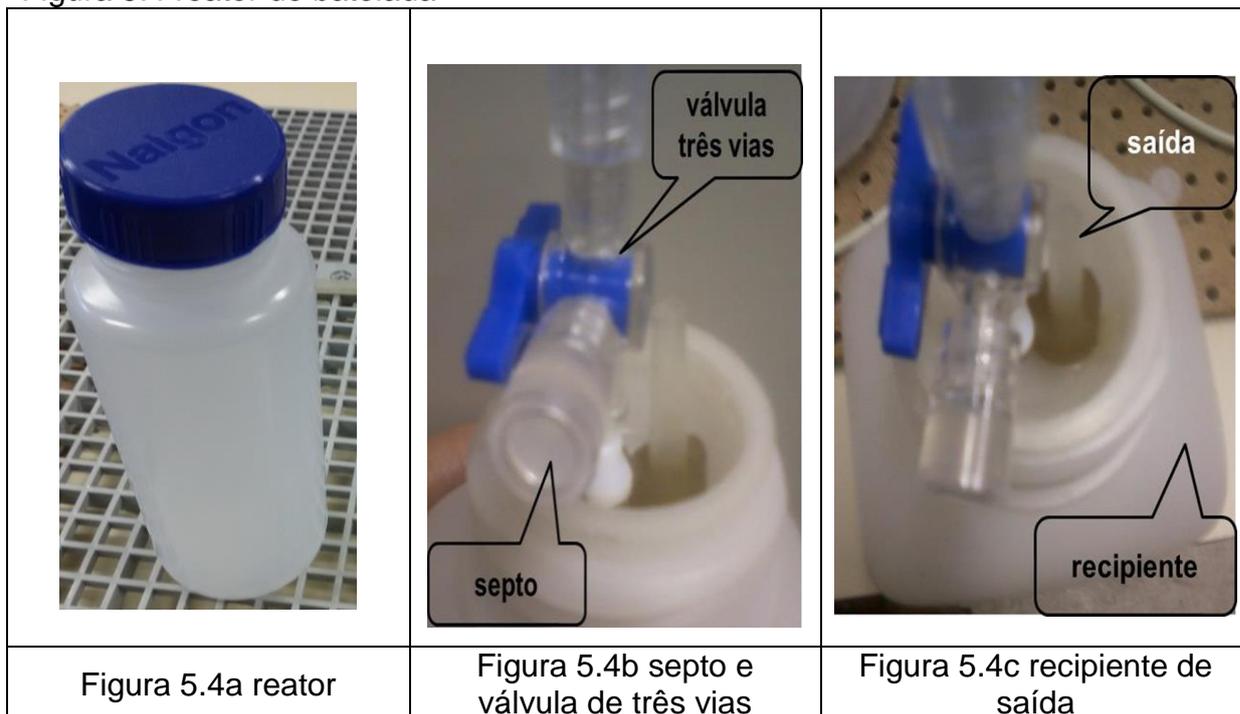
A fabricação deste tipo de reator não implica grandes desafios desde que, para manter-se custo baixo na produção do *kit*, utilize-se fluxo gasoso (de ar). Assim, utilizaram-se como reatores recipientes plásticos e não se adicionou agitador. Contudo, adicionou-se válvula de três vias para permitir não só a injeção de reagentes como também a injeção de ar, para verificar como ocorre a remoção de material dos reatores comerciais sem ocorrer contato humano (situação dinâmica).

Os recipientes possuem 0,5 L e 1 L para facilitar o manuseio e, também, o cálculo estequiométrico de inserção de reagentes, considerando-se a faixa de detecção dos sensores utilizados. A Figura 5.4, portanto, apresenta o reator, um recipiente plástico, da Nalgon®, para garantir um volume bem definido e superfície pouca reativa. (À tampa do recipiente foram adicionadas:

- a) uma válvula de três vias e septo, .figura 5.4a (Enquanto o septo permite a injeção de pequeno volume de ar contaminado para uma medida estática a outra entrada da válvula é utilizada em conjunto com o compressor de ar a e respectiva)
- b) saída no recipiente para medida dinâmica, figura 5.4b e,
- c) sensor para determinar compostos orgânicos voláteis e sua quantidade. A localização do sensor é a 2/3 da máxima altura do recipiente.

Nessas condições, a dispersão do reagente, após a inserção, pode ser observada em função do tempo, o que permite discussões sobre formação de plumas de contaminantes, entre outros fenômenos.

Figura 5.4 reator de batelada



Fonte autor

As figuras 5.5, 5.6 e 5.7 a figura 5.6 apresentam resultados típicos obtidos com essa configuração. Nessas figuras, a inserção de álcool isopropílico é variada em quantidade. Para se obter inserção de pequenas quantidades, é necessária a diluição do contaminante, o que exige cálculos estequiométricos, a respectiva tabela encontra-se no anexo A. . A medida não é “instantânea”, porque o equilíbrio na concentração do reagente ocorre após vários segundos da inserção, o que ajuda a discutir fenômenos físicos, como dispersão de contaminantes no meio. Há um limite para a medida do sensor, ou seja, é possível encontrar o ponto de saturação na medida e inter-relacionar isso com as faixas seguras de emissões de contaminantes. Por fim, a adição de várias amostras sequencialmente permite imaginar o que ocorre no caso de acúmulo de poluição, por exemplo, como é frequente em inversões térmicas.

A inserção foi feita com álcool isopropanol, (as quantidades estão marcadas nas figuras) aos reatores de 1L (em preto) e 0,5L (em vermelho).A intensidade de saída é dada em volts(V) e a unidade de tempo é segundos.

Figuras 5.5 a 5.7 concentrações típicas de inserção

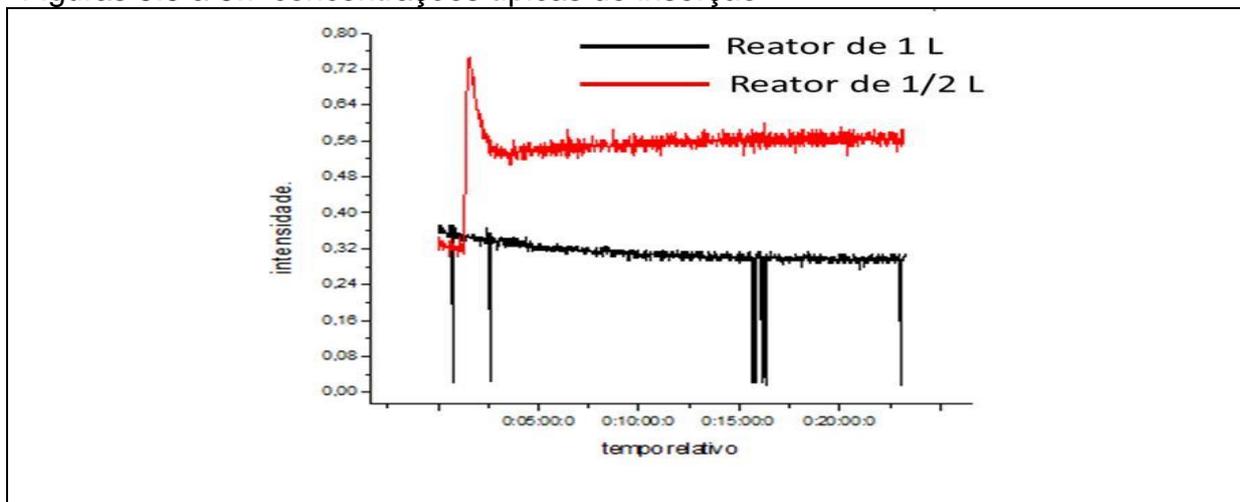


Figura 5.5 inserção de 10µL

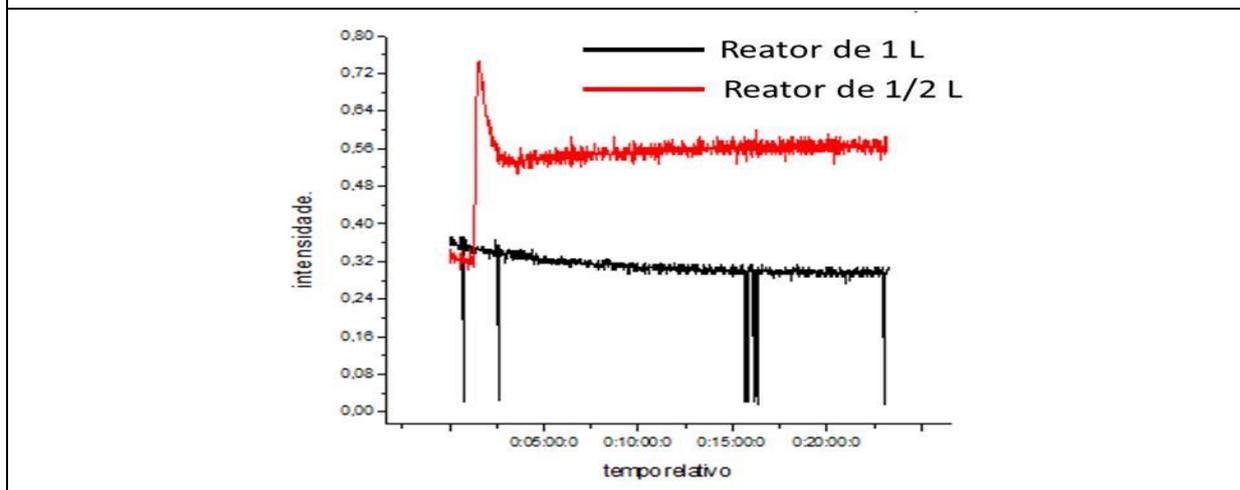


Figura 5.6 inserção de 30µL

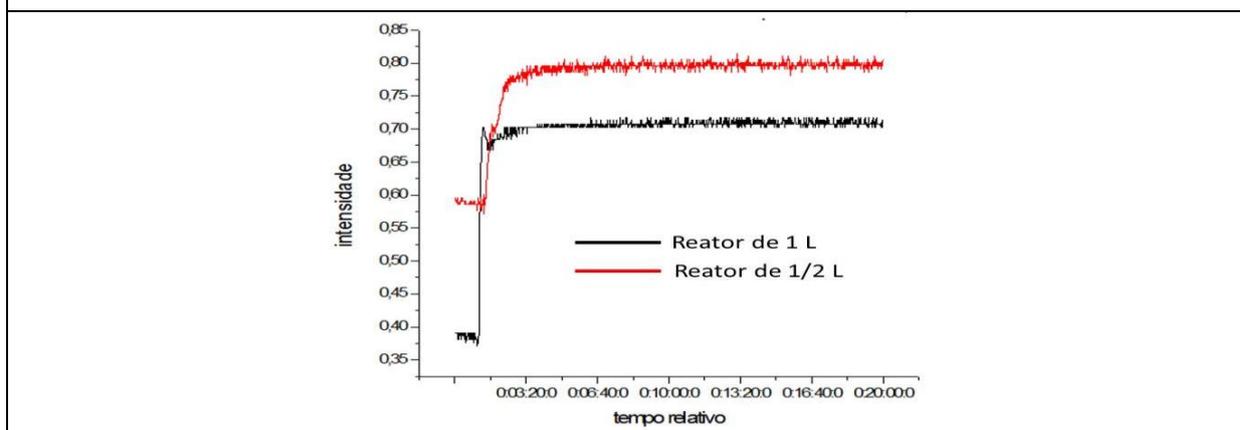


Figura 5.7 inserção de 50µL

Fonte autor

As respostas apresentadas na figura 5.5 indicam que a quantidade de 10 μ L foi suficiente para saturar o sensor no reator de 1L, enquanto no reator de 0,5L foi observada apenas uma constante sem atingir a saturação, na figura 5.6, no reator de 1L, apresentou picos de sensibilidade quando da aplicação do isopropanol, enquanto no reator de 0,5L não houve variação significativa, enquanto que, na figura 5.7, as inserções nos respectivos reatores foram suficientes para saturar o sensor (traço horizontal).

5.2.1.2 REATOR DE FLUXO CONTINUO

Como anteriormente abordado, a descrição de Kaminari (2006) para reatores define o reator em fluxo contínuo a regularidade na composição do reator ao longo do tempo em qualquer ponto observado. Essa condição é bastante semelhante à obtida em colunas cromatográficas úteis na cromatografia gasosa. Tais colunas podem ser essencialmente, capilares ou empacotadas (PICHIA, 2011) e, em geral, sofrem aquecimento durante o ciclo de análise.

Reatores em fluxo contínuo que apresentam partículas em seu meio podem formar um reator de leito fluidizado (fixo) (figura 5.8 adaptada de Gebara (2006)), ou seja, um reator onde o movimento do fluido transfere energia para as partículas, apresentam similaridades com as colunas capilares, especialmente as empacotadas.

Portanto, este trabalho procurou desenvolver reatores pequenos, mas que permitissem o ensino – mesmo que apenas intuitivamente – das principais características de colunas cromatográficas e reatores de fluxo contínuo, no mínimo com leito fixo.

Os parâmetros variados nos reatores foram:

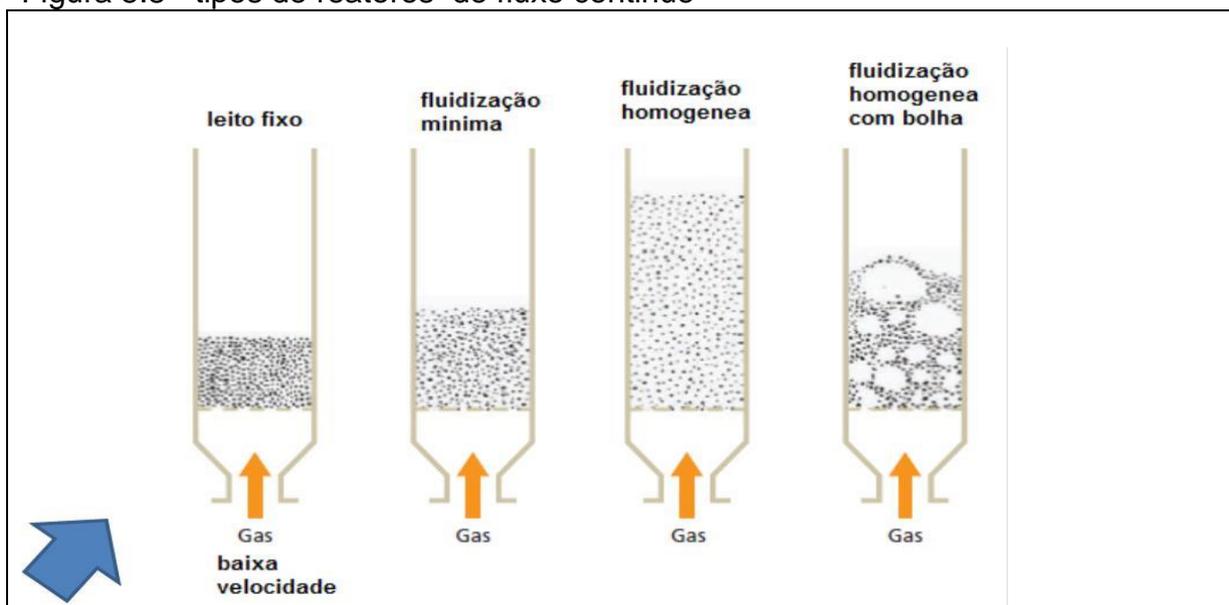
a) o diâmetro da coluna capilar (ou reator em fluxo contínuo), o que varia a relação área/volume, fundamental para os parâmetros definidores da mecânica de fluidos em mini reatores (CARVALHO et al , 2008);

b) o aquecimento, existindo duas confecções distintas – à temperatura ambiente e com possibilidade de aquecimento até 80°C - o limite na temperatura é para garantir a segurança dos alunos em particular e dos usuários em geral e

c) o preenchimento da coluna com material adsorvente. O comprimento foi mantido fixo em cerca de 1 m porque corresponde à condição em que a perda de carga não é significativa, como pôde ser averiguado com o uso do sistema de detecção em um conjunto acoplado a compressor de ar de JD 7500 com especificação 6L/min.

Exceção é a fabricação de colunas empacotadas, que foram produzidas em dimensões de 20 mm de comprimento e 6 mm de largura. Isto decorre da alta perda de carga envolvida e da impossibilidade de construção manual de colunas maiores ou mais estreitas.

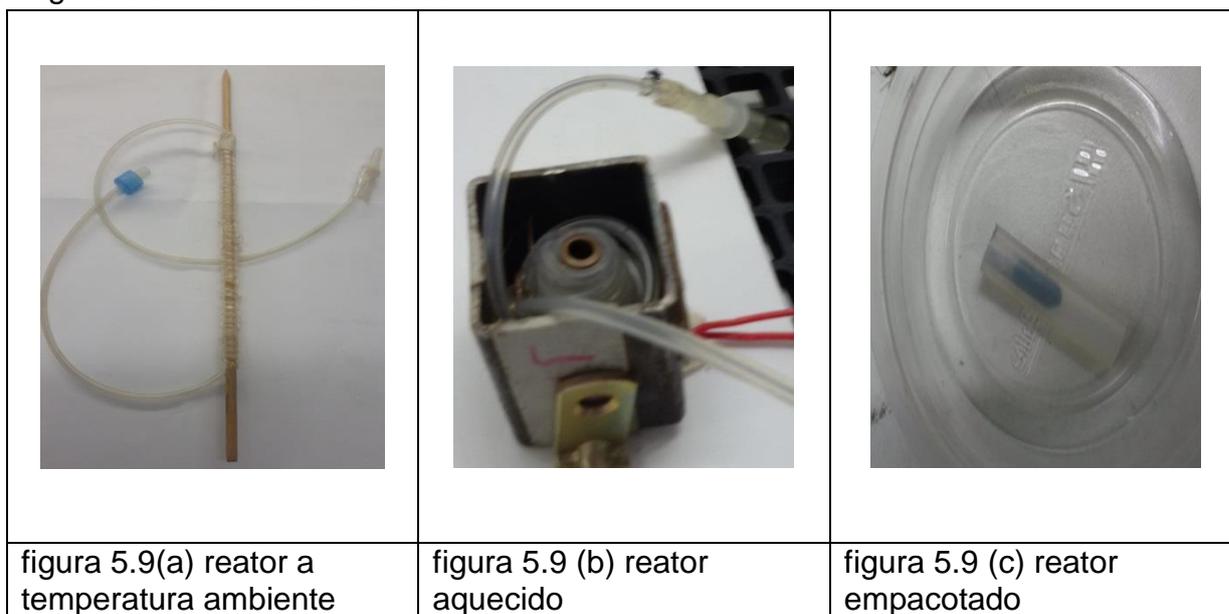
Figura 5.8 - tipos de reatores de fluxo contínuo



Fonte: www.google.com.br/search?hl=ptPT&site=imghp&tbn=isch&source=hp&biw=1448&bih=693 /adaptado

A figura 5.9 apresenta fotos do reator à temperatura ambiente (a), aquecido (b) ou empacotado (c).

Figura 5.9 - fotos dos reatores.



Fonte: autor

A figura 5.10 ilustra resultados típicos do sistema de detecção acoplado a essas colunas, é possível observar que tanto a variação no nos diâmetro das colunas como o aquecimento levam a diferentes perfis de detecção no tempo.

Figura 5.10 resultados típicos sobre os tipos de reatores

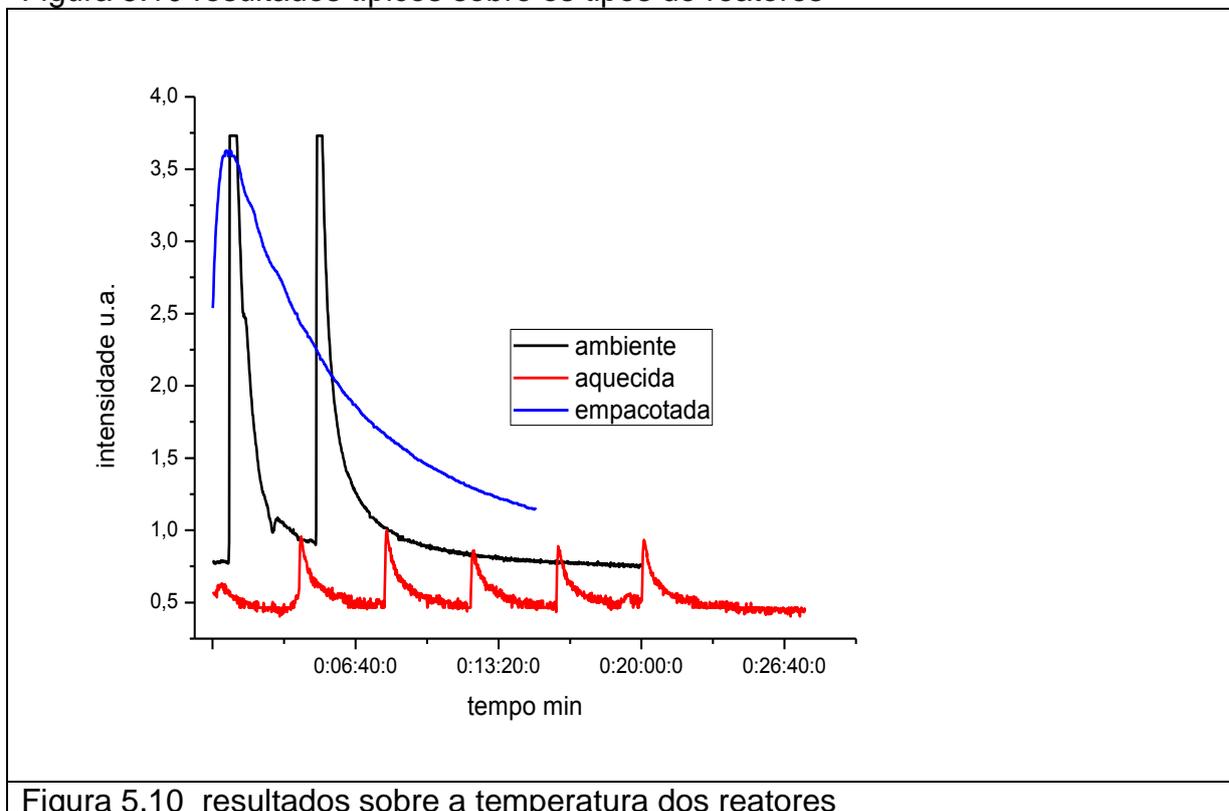


Figura 5.10 resultados sobre a temperatura dos reatores

Fonte: autor

Os resultados da figura a cima indicam os tempos de respostas sobre as diferentes as diferentes colunas. Mais detalhes dos reatores de fluxo continuo e coluna empacotada podem ser vistos no Anexo B

5.2.2 RESULTADOS OBTIDOS

O arranjo experimental permaneceu disponível toda a semana no Congresso de Tecnologia da FATEC/SP, em outubro de 2014. Trata-se de ambiente aberto e diversificado, que recebe de professores de pós-graduação a alunos do nível médio. A situação criada consistia em explicar ao visitante as potencialidades do instrumento e, posteriormente, pedir a manipulação, com supervisão direta de um dos expositores. Nesse caso, os expositores eram primordialmente alunos de graduação previamente treinados para explicarem os sistemas. Contudo, um professor universitário, ou seja, o autor deste trabalho¹ permaneceu como observador. Além disso, 4 alunos de nível médio profissionalizante foram treinados, e podiam interagir. Não se observou dificuldade, para qualquer visitante, não importa sua formação, para a compreensão do arranjo experimental.

O desenvolvimento desta parte do projeto foi útil para compreender que é possível criar uma situação de resolução de projetos/problemas que fomenta a interdisciplinaridade e que favorece a formação de equipes heterogêneas.

Muito embora a pergunta “é possível recuperar o reagente da água utilizada no lavador de gás?”, não seja trivial e obter a resposta não é esperado para os alunos de nível médio, uma série de outros conceitos foi direta ou indiretamente abordada. Os alunos de graduação mostraram-se mais aptos a discutirem tecnologia e proporem soluções em ciclo fechado, baseando-se no fato do produto descartado ser solúvel em água em qualquer proporção, ou seja, tiveram maior tendência em “pensar fora da caixa”, como sugere Steve Jobs, tendo em mente que muitas vezes

¹ Este conjunto de dados gerou o trabalho MINI COLUNAS PARA ENSINO: PRODUÇÃO E TESTES, Gabriel Antonio Fernandes Soga, Walter Pichi Jr., Daniel Couto Gatti, Maria Lúcia Pereira da Silva, Boletim Técnica da FATEC, 2015

você não sabe o que quer até alguém de fora lhe mostrar. O que se tornou mais difícil para os alunos explicarem foi o reator de coluna empacotada².

As interações e a respectiva ansiedade dos alunos, principalmente do 2º grau, no estande do Congresso é um bom indicador para a conclusão que PBL e interdisciplinaridade podem ser obtidas com equipamentos de baixo custo.

Por fim, as múltiplas interações dentro desse grupo heterogêneo de alunos (nível médio em uma área distinta da formação do graduado etc.) foram úteis para melhorarem a compreensão dos processos ambientais, como demonstrado por entrevista não estruturada, após o término da exposição no respectivo congresso.

5.3 - ILHA DE MANUFATURA

Os bons resultados com a “parceria” com aluno de graduação indicam como adequado o desenvolvimento de um sistema voltado ao uso em aulas do nível superior. Neste particular aspecto, considerar a interdisciplinaridade é fundamental, como já abordado anteriormente, para atender à área de STEM. Além disso, é preciso considerar os conteúdos importantes e/ou difíceis de apresentar; neste aspecto, o ensino de fenômenos de superfície e de mecânica dos fluidos é fundamental.

Mecânica de fluidos é relevante por ser conteúdo multidisciplinar conectado à Química, Física e Biológicas (Dreyfus et al 2015). Fenômenos de superfície explicam uma vasta gama de conteúdo, desde catálise, na Química e Engenharia Química, a novos materiais para diversas áreas produtivas – dentre eles os nano materiais - e produção de CIs na Engenharia Elétrica (KHANNA, 2016). Assim, é importante criar, no *kit*, uma região onde existe admissão, manipulação e detecção da amostra, num sistema parecido com as ilhas de manufatura.

Os reatores precisam ficar rigidamente colocados para garantirem reprodutibilidade, tanto na admissão de reagentes quanto na detecção da saída

² Fornecidas pelo Prof. Dr. Jossano Marcuzzo

destes. Este ponto é crítico, principalmente para saída dos reatores, dada à sensibilidade dos sensores e à pequena quantidade de reagentes adicionados a cada vez. Além disso, é necessário ocorrer a intercambialidade entre partes e peças, uma vez que vários arranjos de reatores devem ser testados e o número de sensores é limitado, já que o custo destes não é desprezível.

A solução utilizada foi a produção de um suporte de fixação consistindo de uma placa de PVC (cloreto de polivinila) de 100 mm por 40 mm e 2,4 mm de espessura³. A admissão e controle dos fluidos, tanto ar, quanto reagentes, é feito por uma válvula de três vias diretamente colada neste suporte. A fixação dos reatores exige apenas furação e, eventualmente, cantoneiras. O sistema de detecção é removível, mas mantido bem posicionado pela adição de cantoneiras adequadas. A figura 5.11(a), (b) e (c) apresenta os reatores acomodados nessas condições..

³ Em realidade pode-se utilizar qualquer placa que tenha boa usinagem, porem, a escolha de PVC apresenta algumas vantagens, como por exemplo, facilidade de montagem, pois as válvulas de três vias podem ser coladas diretamente sobre ela.

Figura 5.11 - (a), (b) e (c) reatores utilizados em testes.

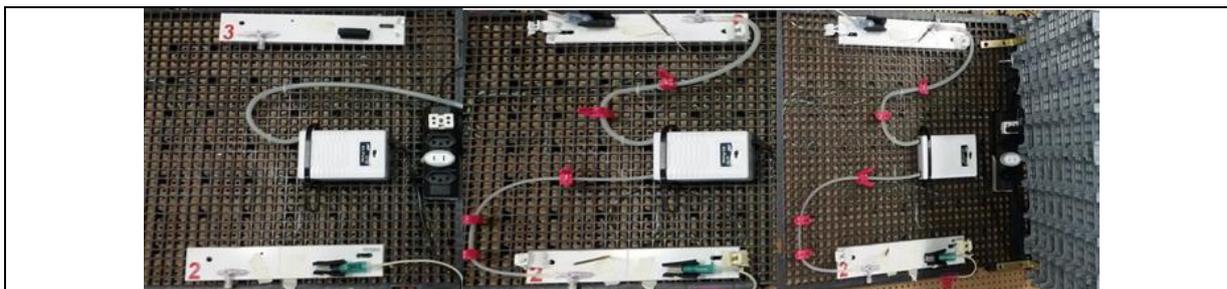


figura 5.11 - (a) sequência de preparação para medição a temperatura ambiente.

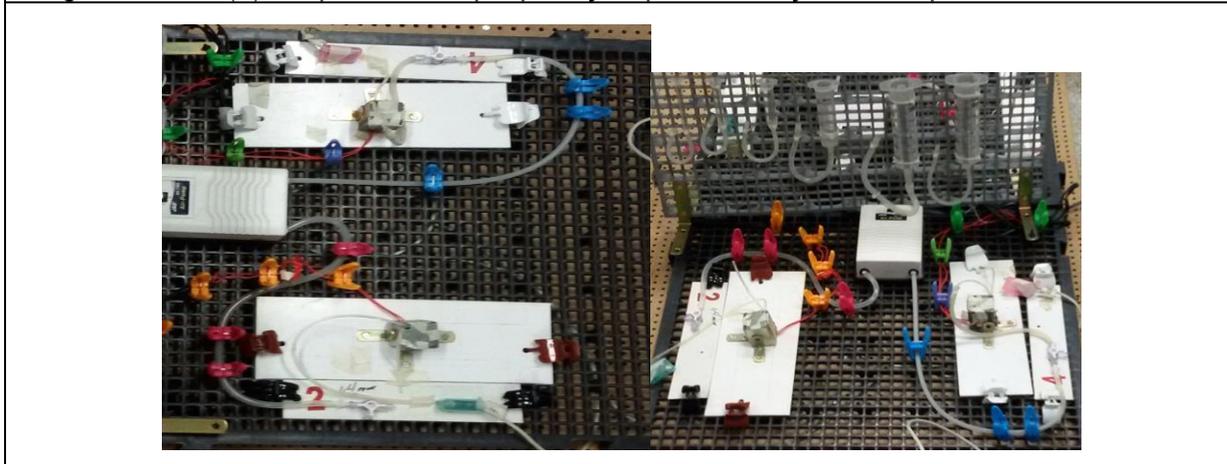


figura 5.11 - (b) sequência de preparação para medição aquecido.

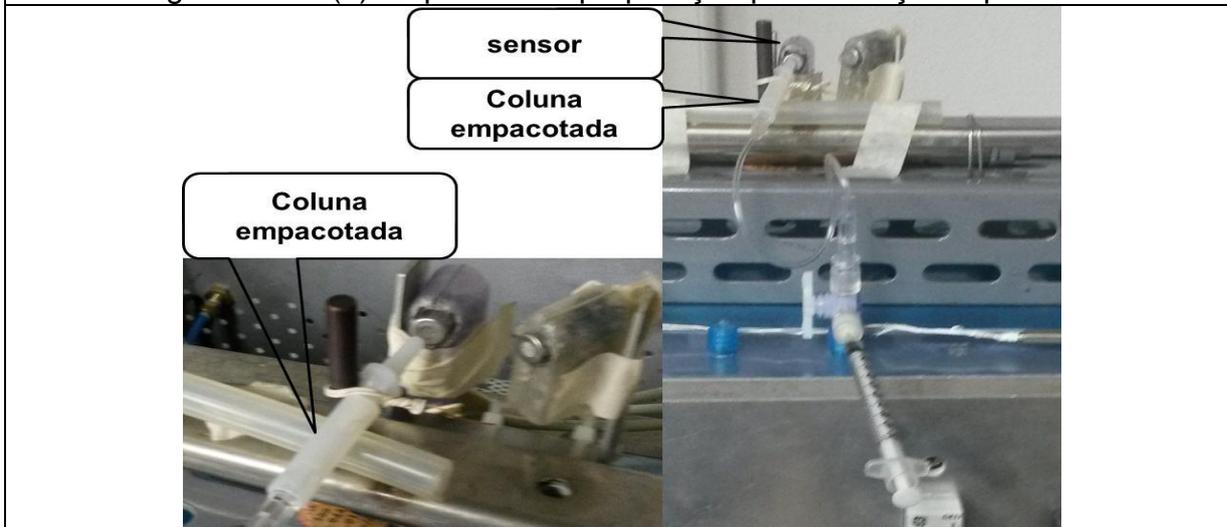
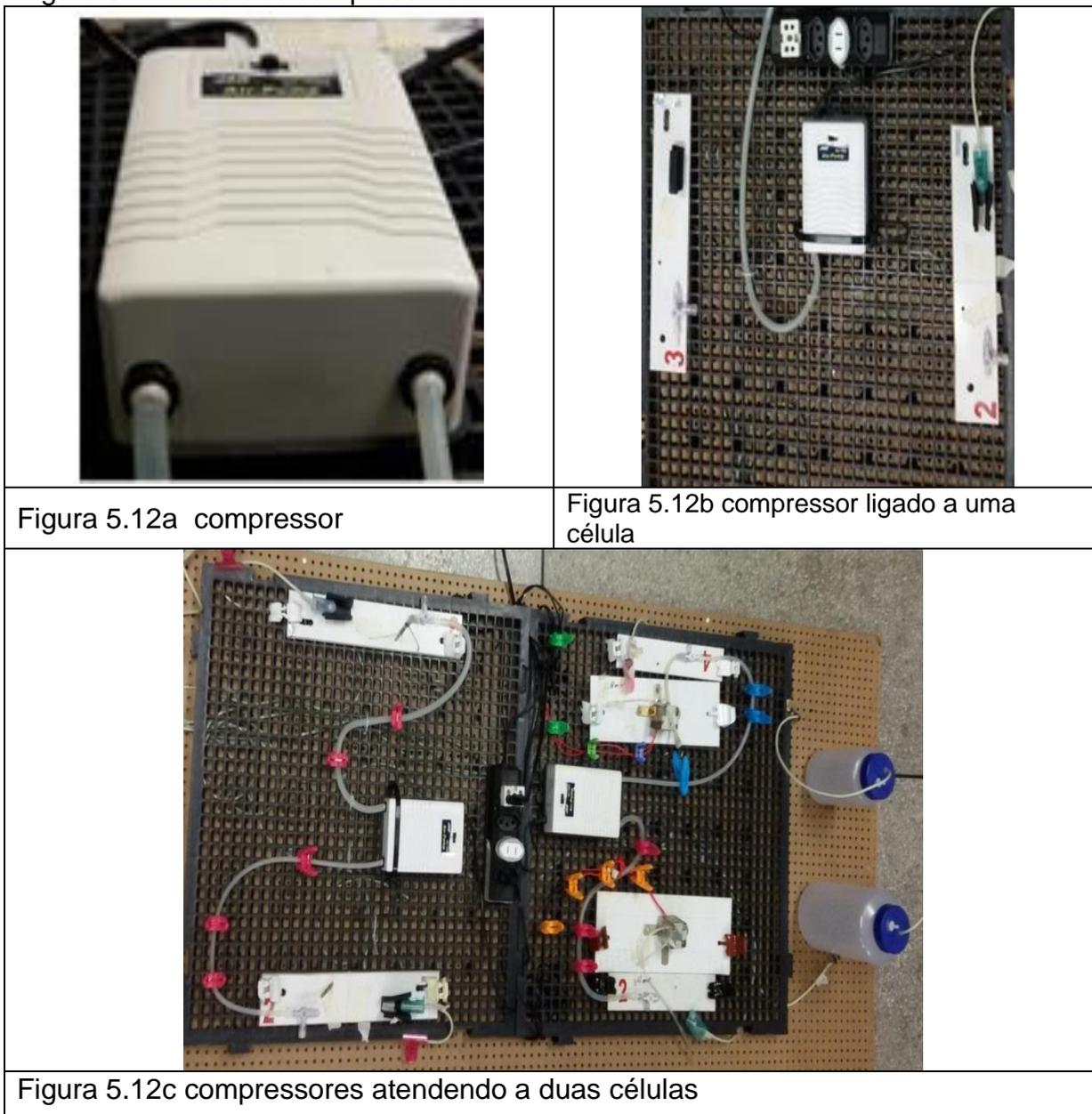


figura 5.11 - (c) preparação de medição da coluna empacotada.

Fonte: autor

O sistema é alimentado por um compressor de ar, mas, para tornar o arranjo menos custoso e também menor (melhor miniaturização), usam-se duas ilhas para cada compressor; contudo, com o uso de distribuidores de fluxo pode-se aumentar tal relação, mas com a desvantagem de limitar a velocidade do fluido. A figura 5.12 (a), (b) e (c) ilustra as condições de uso do compressor

Figura 5.12 - uso dos compressores



Fonte: autor

Nenhum sistema de produção pode prescindir de controles, portanto, além dos detectores (TGS 2620), tem-se uma bancada de seringas para medida de fluxo (sistema conhecido como bolhometro (SILVA^f et al 2008), que normalmente é construído pelo uso de bureta e capilares de silicone, mas, neste caso, a bureta foi substituída por seringas. A grande variedade de seringas decorre da necessidade de medir fluxos muito distintos, devido à grande perda de carga nos capilares que formam os reatores/colunas. A figura 5.13 (a) e (b) ilustram o bolhometro.

Figura 5.13 - bolhometro



Figura 5.13(a) - bolhometro



Figura 5.13 (b) - bolhometro interligado ao sistema

Fonte: autor

5.3.1 - LAYOUT DO CONJUNTO

O *kit* tem de suportar simultaneamente todo o conjunto de reatores, a parte elétrica e a parte hidráulica (ar nos compressores), como ocorre em indústrias químicas e em equipamentos/sistemas de análise. O piso e teto, especialmente, para essas facilidades, são bem importantes (GAUGLIZ, 2010, HAHN et al 2004; SCHICHT,1985). Todos esses fatores têm que considerar a ergonomia do conjunto, que no presente caso, consiste em imaginar a

manipulação que um grupo de alunos fará de cada parte. Peça, subsistema etc. Muito embora não exista problema de segurança sério, em que posso, por exemplo, exigir o uso de EPIs, a manipulação simultânea de várias pessoas em um espaço restrito pode inviabilizar medidas ou mesmo gerar medidas errôneas, por exemplo, por problemas elétricos tais como aterramento e ruídos.

A solução encontrada foi utilizar “pisos falsos”, também chamados de pisos elevados⁴, comuns em salas limpas (MARQUEZI, 2017) e de informática. Para tanto se usam, então, base (Eucaplac®, chapa de fibras de madeira com face superior lisa e inferior corrugada.), completamente furada para permitir fixação da eletrônica e outros acessórios, e piso em material plástico, igualmente furado para permitir fixação. A figura 5.14 apresenta o conjunto. Observe-se que os cabos que ligam sistema de aquisição de dados e detectores podem ter até 3 metros de comprimento, sem perda considerável de sinal, portanto, é possível, com um único ponto de aquisição, atender praticamente uma bancada inteira de laboratório.

Figura 5.14 - base e piso usado no kit com e sem fixações acopladas

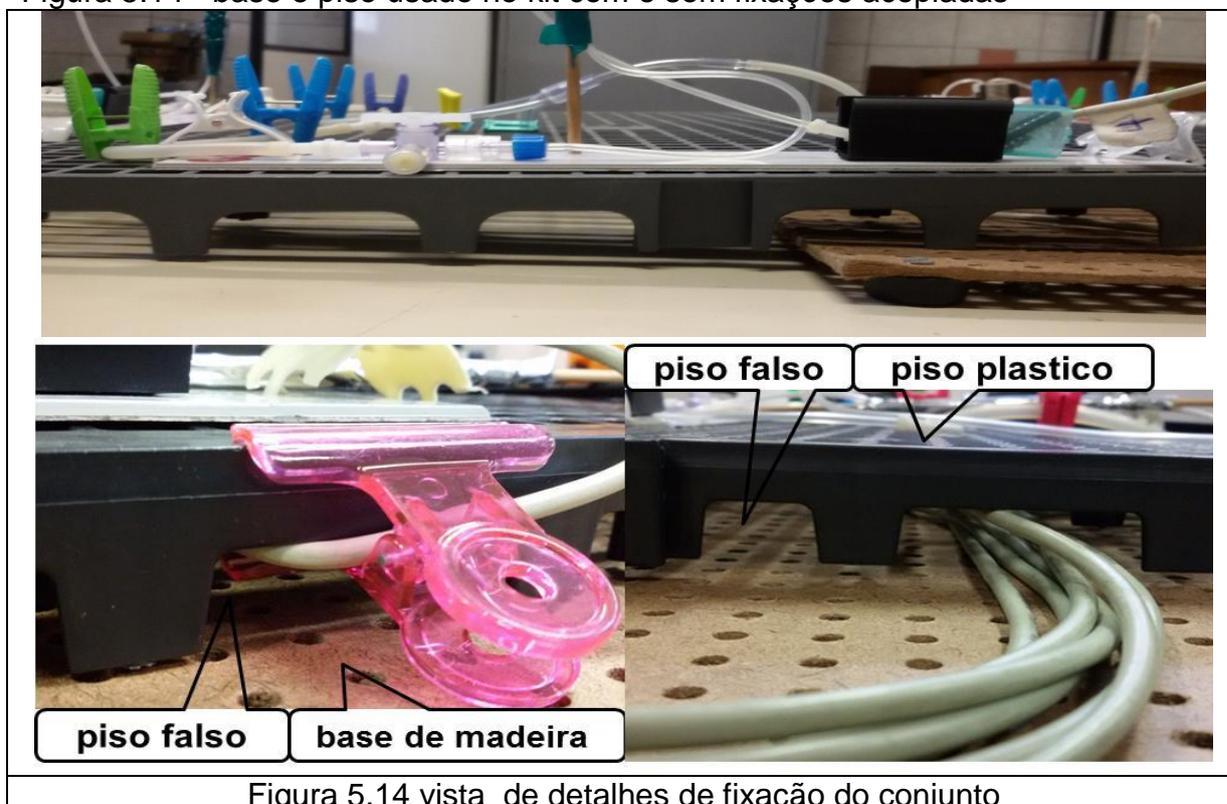


Figura 5.14 vista de detalhes de fixação do conjunto

Fonte: autor

⁴ Ver por exemplo, <http://www.abecon.com.br/> www. <http://acerevestimentos.com.br/>;

5.3.2 Detectores e sistema de aquisição do conjunto

A figura 5.15 apresenta detectores e aquisição de dados, estes são baseados em trabalho anterior (PICHI 2011), portanto será feita apenas uma breve descrição.

Figura 5.15 - sensor e aqisitor de dados

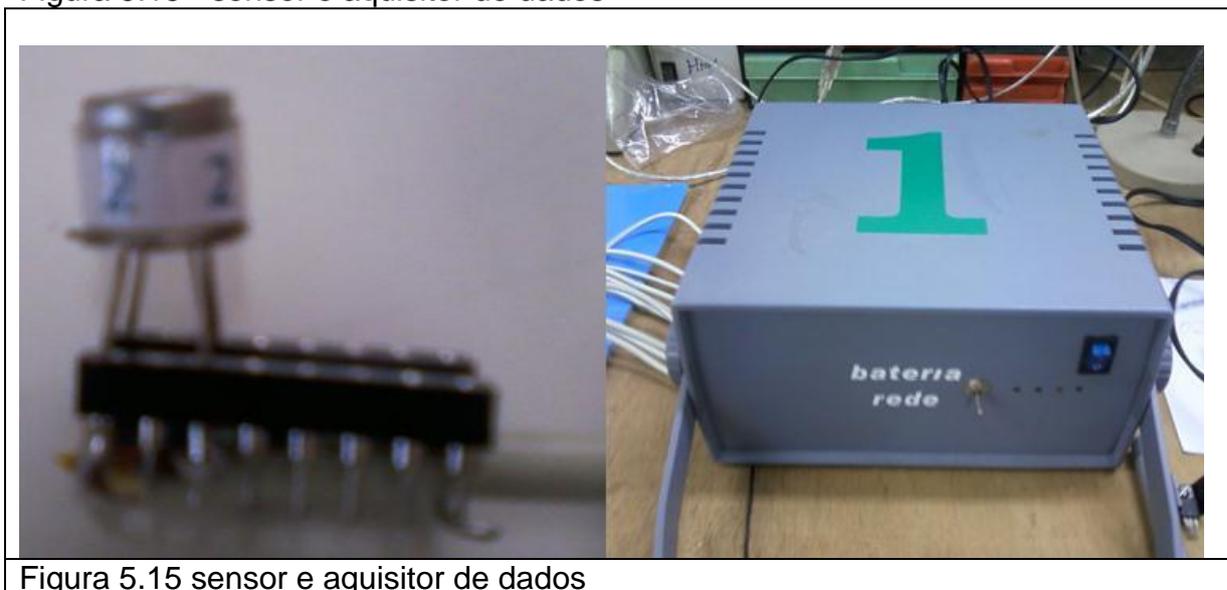


Figura 5.15 sensor e aqisitor de dados

Fonte: autor

Sensor - Quando houver uma variação na concentração na variação de odores de álcool sobre o sensor, haverá uma variação em sua resistência interna, esta variação será registrada pelo aqisitor de dados fazendo que os dados sejam encaminhados para o computador em uma pasta já, previamente, designada.

Aqisitor – recebe as variações de concentração vindas do sensor, converte estes valores em um novo formato e as envia ao computador. Os dados serão armazenados em formato de uma planilha tipo Excel para serem analisados posteriormente.

5.3.3 - LIMITAÇÃO DO CABO

A análise pretende verificar o quanto o comprimento do cabo pode interferir na aquisição de dados enviada pelo sensor. A análise será mostrada por meio de um gráfico que será descrito posteriormente. Foram, primeiramente, feitos com quatro tipos de comprimentos de cabos: 2,5m, 5,0 m, 10m e 25m. O cabo

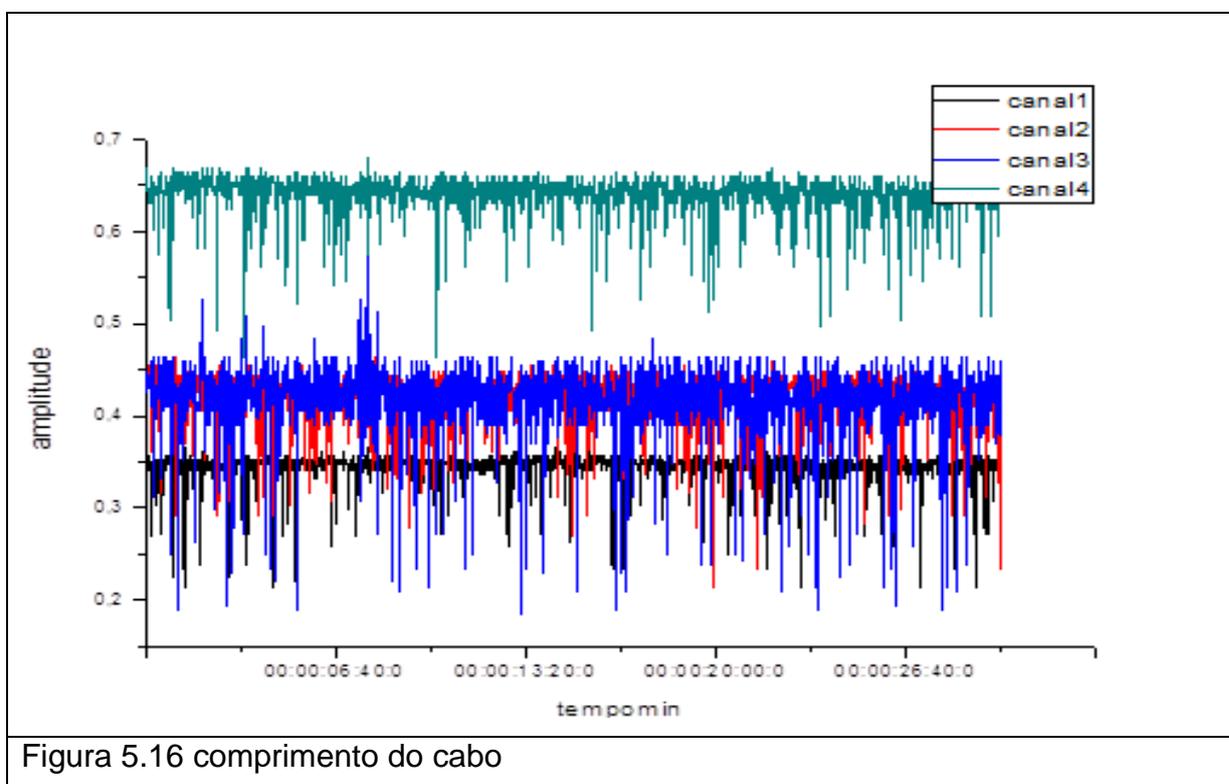
utilizado foi do tipo manga de 4 vias com uma bitola #26 sem blindagem, ou seja, mais conhecido comercialmente como 4 X 26. Foram selecionados quatro sensores de tipo identificadores de álcoois. (TGS 2620). Os dados foram efetuados em um mesmo dia, levando aproximadamente 4 horas para sua verificação.

Foram utilizados 4 canais, cada um conectado a um sensor com comprimentos respectivamente: canal 1 - comprimento de 2,5m, canal 2 - comprimento de 5,0m, o canal 3 - comprimento de 10m e, finalmente, sensor 4 conectado ao comprimento de 25m.

O experimento foi feito em um ambiente livre de odores de álcoois ou outra substância que pudesse alterar a característica da resposta do sensor.

A figura 5.16 mostra que o que se percebe é que o sensor 1 é que vem apresentando uma impedância cada vez menor, os sensores 2 e 3 parecem que a impedância é a mesma e por fim o sensor 4, que tem um comprimento maior de cabo, tem de apresentar uma impedância maior, da mesma maneira podemos concluir que até uma distância de 5m, os sensores não sofrem uma variação significativa em relação ao comprimento.

Figura 5.16 - sensibilidade em função do comprimento.



Fonte: auto

5.3.4 - MONTAGEM DO KIT

O conjunto piso de madeira, piso elevado, ilhas de manufatura e compressores, bolhometro e sistema de aquisição de dados foram utilizados no layout apresentado na figura 5.17.

Figura 5.17 - *layout* do projeto com uma bancada.



Figura 5.17 layout básico de distribuição do equipamento

Fonte: autor

A figura 5.17 apresenta uma, mas o projeto foi executado com duas bancadas, separadas pelo computador e sistema de aquisição, contudo, por questão de custo, inicialmente, para prova de conceito, fabricou-se e utilizou-se apenas uma bancada. Além disso, pode-se observar que o *layout* foi imaginado usando-se, em cada ilha de manufatura, um dos sensores (TGS 2620), para controle dos reatores, portanto, dois sensores são mantidos livres para serem usados para controle do ambiente, para testes dos profissionais em comando da sala ou para uso nos reatores grandes, de batelada.

Esse conjunto foi inicialmente testado em uma sala de aula de cursos de tecnologia na área de eletrônica e usando com premissas:

- Método ativo de ensino.
- Aula livre, ou seja, sem formato, por exemplo, sem apostila.
- ABL – o problema era “entender o sistema considerando que ele é similar a uma planta química miniaturizada “ou a um equipamento de análise químico””.

Para tanto, devia-se

- propor um grupo de experimentos, argumentando sobre os motivos destes experimentos.

Como ferramentas tinham-se

Possibilidade de requisitar ajuda dos profissionais presentes na aula, no presente caso, o responsável pelo desenvolvimento do *kit* e o professor responsável pela disciplina.

Após o uso do *kit*, os alunos foram individualmente entrevistados para compreenderem sua percepção da experiência em usarem um material sem guia, do tipo apostila. Apesar dos alunos serem unânimes em considerarem a experiência positiva, eles também sentiram falta de algum tipo de orientação, mesmo que não correspondesse a algo formal como apostila.

Tanto a parte dos experimentos, que utilizaram um bloco de 4 aulas (praticamente 2000 minutos), como as entrevistas, foram filmados e analisados posteriormente para se tentar encontrar possíveis dificuldades (**T**) e situações incomuns (**O**) geradas a partir do uso (técnica SWOT – *strength weakness opportunity threat*). Um aluno interessou-se em montar novas configurações, usando o compressor de ar entre outras coisas, para ver o resultado dos testes finais do *kit* e adicionar essa possibilidade ao conjunto de ações. Outro aluno se voluntariou para explicar cada parte e peça do *kit* (ação determinada a partir das entrevistas, o que demonstra outro ponto forte do produto (**S**) - uma limitação (**W**) é a possibilidade de atender apenas 8 a 10 alunos (máximo). Uma vez que se tem uma base, como explicado anteriormente.

A partir dos bons resultados obtidos, um profissional com ampla experiência em montagem mecânica e em ensino superior foi entrevistado para avaliar as possíveis mudanças/melhorias do conjunto, verificar anexo e. Professor Armando apresenta um resumo das considerações do referido profissional. De modo geral, analisou o equipamento bem simples, porém robusto, de fácil aquisição e montagem dos produtos e de uso intuitivo. Assim, aparentemente não existiam não conformidades relevantes, mas uma sugestão de melhoria foi de evitar fitas adesivas coloridas⁵ em torno da coluna, para propiciar ao aluno enxergar o que constitui.

5.4 TESTES FINAIS DO KIT

Os testes finais desse *kit* foram divididos em duas fases distintas. Inicialmente, o aluno que se voluntariou para descrever cada parte e peça do *kit* foi filmado e os vídeos produzidos avaliados quanto à:

*Acuidade de linguagem.

*Acuidade de conceito.

*Abrangência da explicação (colocou uma ou várias possíveis explicações, usos etc.).

*Priorização de partes/peça ou de fenômenos etc.

A partir dessa fase, todas as etapas foram filmadas e os vídeos encontram-se disponíveis em material anexo a essa tese.

O Anexo f apresenta as palavras chaves e outras considerações sobre os vídeos produzidos pelo aluno. Muito embora os conceitos não tenham sido explicados corretamente, não é correto assumir que eles não foram assimilados, na realidade, a falta de linguagem dificultou as explicações. Além disso, houve certa tendência a privilegiar os sensores e seu uso, o que pode estar ligado à formação do aluno (área de Eletrônica).

Assim, o *kit* foi utilizado nas mesmas disciplinas (que abordam processos químicos e métodos de caracterização de materiais) por 3 semestres

⁵ As fitas são utilizadas para determinar os diferentes diâmetros de colunas

consecutivos, apresentando, de modo geral, boa aceitação e avaliação, pelos alunos que os utilizaram, novamente, palavras chaves e outras considerações sobre os vídeos obtidos. O que se observou foi o uso de um conteúdo amplo (coligado ao STEM), o que gerou, nos dois últimos semestres, o pedido para utilização por período mais longo (2 períodos de 6 aulas). Uma destas turmas, a última – que apresenta grande interesse por utilização de ferramentas virtuais - conseguiu produzir seminários curtos (15 minutos) sobre o *kit*, apresentando-os como um produto de uma *startup*.

Quanto aos conteúdos⁶, foram abordados

1. Conteúdo eminentemente químico:

A pergunta problema formulada é múltipla, assim, por este aspecto, o interesse é determinar:

- A capacidade de correlacionar alguns módulos e suas funções com problemas reais da Química e da Engenharia Química.
- A possibilidade de controle processo.

A possibilidade de propor modificações no arranjo, para resolver problemas, ou novos modos de uso, para responder a outras questões de cunho pessoal.

O estudo usou como reagentes compostos orgânicos voláteis (COVs), e testou condições adequadas para sua detecção ou reação. No presente caso, utilizaram-se tanto reagentes presentes em laboratório de Química (grau P.A.) do local onde se efetuaram os testes, como também produtos trazidos pelos próprios alunos de suas residências, como por exemplo, removedor de esmaltes

⁶ Essa fase gerou 4 publicações: 1) Interdisciplinaridade facilitada pelo uso de equipamentos simples, suas vantagens para o ensino técnico: sensores como exemplo. Walter Pichi Jr., Daniel Couto Gatti, Maria Lúcia Pereira da Silva e 2) Desenvolvimento de mini laboratórios para ensino e sua importância para a interdisciplinaridade. Walter Pichi Jr., Daniel Couto Gatti, Maria Lúcia Pereira da Silva no XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ) Florianópolis, SC, Brasil – 25 a 28 de julho de 2016; 3) Team interactions and devices development favoring the understanding of nontrivial subjects: fluid mechanics as a case study Walter Pichi Jr., Daniel Couto Gatti, Maria Lúcia Pereira da Silva e 4) Simple, low cost devices and methodological approach for teaching fluid mechanics to undergraduate students: correlations with high school syllabus Walter Pichi Jr., Daniel Couto Gatti, Maria Lúcia Pereira da Silva no 2nd World Conference on Physics Education, Sao Paulo, Brazil July 10-15, 2016.

Quando o sistema foi pensado como uma coluna cromatográfica, observaram-se vários parâmetros, tais como o formato da curva, o tempo de retenção etc. Contudo, os alunos não tendem a fazer avaliação se a coluna apresenta ou não bom desempenho (no presente caso não se espera um bom desempenho).

Com a coluna usada como reator, é possível verificar informações físico-químicas (fluídica) como, por exemplo, a variação na velocidade do fluido na saída da estrutura por variação na taxa do aquecimento e fazer uma correlação entre os dados obtidos e grandezas comumente ensinadas na área de mecânica de fluidos. Por fim, é possível observar boa uniformidade nos dados obtidos em medidas distintas.

Interessante enfatizar que os alunos do ensino médio foram capazes de intuir “problemas no fluxo” devido ao aquecimento, mas não fizeram conexão com teoria dos gases. Por outro lado, os alunos de graduação compreenderam a ligação com mecânica de fluidos, mesmo que sem utilizar linguagem técnica e, em conversa posterior ao uso do instrumento, compreenderam a noção de número de pratos teóricos, comum tanto à Química quanto à Engenharia Química.

Portanto

1) compreenderam rapidamente, e foram capazes de aplicarem claramente, conceitos comuns ao ensino de Química, como limite de detecção e análises *online*;

2) compreenderam o funcionamento do sensor e de suas partes eletrônicas mais importantes, correlacionando-as com reações em superfície e, igualmente importante, seu uso para determinação de impacto ambiental;

Conteúdo eminentemente físico:

O conteúdo eminentemente físico fica subjacente ao uso, e, como já comentado, em geral, não é expresso usando as denominações corretas; de qualquer modo, como pode ser visto na tabela 5.2, que correlaciona conteúdo e modo de ensino, corresponde a conteúdo básico que, em geral, apresenta

dificuldades para ser ensinado (na área de STEM, onde é fundamental seu conhecimento, significa uma perda preocupante de competências).

Tabela 5.2 - conteúdo e modo de ensino do *kit*.

conteúdo	modo de ensino
Teoria cinética dos gases	PBL e discussão em classe
Difusão	PBL e demonstração
Termodinâmica	Estudo de caso (quando os alunos tentaram montar uma startup)
Fluidos não ideais	PBL e Estudo de caso
Aerodinâmica	PBL e Estudo de caso

Fonte: autor

6.- CONCLUSÃO e TRABALHOS FUTUROS

A motivação foi de encontrar meios apropriados do STEM para serem aplicados no ensino superior ou ensino médio nas áreas de Química, Física ou afins, com o auxílio de um equipamento que seja utilizado simultaneamente por vários alunos, além disso, ser de baixo custo. O porquê do baixo custo? Com o intuito de permitir o acesso de escolas desprovidas de recursos financeiros em adquirir um equipamento simples e que pode ser montado pelos próprios alunos, para conhecimento quanto a aplicabilidade áreas acima citado e com a vantagem de ser portátil.

Começando com a definição do ensino tradicional (aula expositiva e, em seguida, a resolução de problemas) em que a principal característica é o ensino dedutivo, e a dificuldade de aplicar os conceitos concretos, pela pouca ou nenhuma relação teoria x prática, nas áreas de Química/física provocam altas taxas de evasão nos primeiros anos da faculdade ou curso técnico; sendo assim, a presente pesquisa procura desenvolver situações na pratica para ativar os conceitos nas áreas afins favorecendo a elaboração de projetos para um aproveitamento futuro de atuação na área e tentar dessa forma evitar um maior número de evasões.

Com a aplicação do STEM, podemos então aprimorar os conceitos embutidos nessas áreas, permitindo que o aluno torne a passagem de um estado passivo a um estado de atividade na realização e pesquisa do experimento.

A intensão do objetivo foi a passagem do estado passivo ao prático, mencionado no item anterior, refere-se quanto à dificuldade em visualizar e concretizar o conceito de estudo de gases. Para que tal procedimento possa acontecer, devemos recorrer a resultados respaldados nas metodologias, ou seja, adaptá-los na forma de “tabelas ou Gráficos” com o objetivo de representar o seu comportamento em diversas situações.

Sendo que é possível vários grupos de trabalho utilizarem o dispositivo simultaneamente, a alternativa utilizada para coleta de dados foi a do método quantitativo e para tal recorreu-se a estatística, pois a mesma permite uma comparação entre os dados.

Em pesquisa efetuada, pudemos observar que poucos trabalhos foram documentados em relação ao estudo do comportamento dos gases. Em uma etapa inicial, foi feita uma pesquisa acerca do assunto e identificou-se que a maioria dos alunos não possui conhecimentos prévios sobre o comportamento dos gases.

Resumo do percurso foi:

a) Pesquisa levantamento da pesquisa.

No estudo realizado, foi feita uma pesquisa sobre os periódicos, dentre eles podemos citar: *Physics and Education*, *Chemical Science*, *Ciência e Educação*, *Química nova*, *Scielo*. O objetivo dessa pesquisa estava voltado ao uso de mini laboratórios com aplicação em STEM, nas áreas de Engenharia. Outra fonte de pesquisa utilizada foi através do *Google Acadêmico*. Observamos diversos artigos sobre STEM, mas nenhum que fizesse referência a mini laboratórios com emprego de STEM; acreditamos que tal circunstância se deve ao fato de ser uma proposta recente.

Um artigo que chamou muito a atenção em seu conteúdo que "...vê o *kit* como uma ferramenta de manipulação de tecnologias avançadas em educação, e ao mesmo tempo que age como catalisador de conhecimento em escolas que ainda estão em desvantagem tecnológica ...". (LO TIEN et al 2012).

b) Planejou a do uso do *kit* e ações junto com alunos

Uma das metodologias utilizadas no ensino aprendizagem foi primeiramente o uso de STEM mediante a realização de trabalhos. O autor criou ações e roteiros que permitiram guiar as aulas e também que possibilitassem vários grupos testarem o *kit*, sendo que algumas dessas ações estão listadas abaixo:

Aula 1 – elaboração da atividade somente com um aluno – solução planta química e fluxo contínuo.

Aula 2 – criação de grupo de alunos para a coleta de dados --- aquisição e comparação de dados.

Aula 3 – criação de outro grupo de alunos para observações --- identificação dos miniaturizados em relação ao tamanho natural.

Aula 4 -- Criação de um grupo para montagem do equipamento -- montagem do equipamento, fluxo contínuo.

Aula5 – criação de um outro grupo para medições e apresentação – coleta e apresentação de dados.

Aula 6 – um grupo de alunos para montagem do equipamento – a montagem do equipamento em si.

a) Aplicou com os alunos e o que emergiu

Na atividade laboratorial utilizando-se os conhecimentos prévios e os resultados obtidos demonstraram que, com a utilização do STEM, propiciou-se o desenvolvimento de determinadas habilidades (aprendizagem procedimental, auto eficácia, organização, entre outros), bem como o aprendizado dos conteúdos abordados

Foram analisados relatórios, gráficos e tabelas elaborados pelos alunos e ainda apresentados alguns comentários pelos mesmos a respeito do desenvolvimento dos conceitos abordados na proposta. A análise dos dados obtidos forneceu indícios de aprendizagem significativa e de tópicos específicos de conhecimento. Dentre a obtenção de conhecimentos, nessas etapas, foram gerados trabalhos para apresentações em feiras técnicas.

Ainda com o uso das ferramentas computacionais, demonstrou-se que a facilidade e compartilhamento de informações e da organização do trabalho em equipe, auxilia a aprendizagem significativa.

Este percurso foi o suficiente para atingir o objetivo, por este ser um pequeno universo, podemos verificar as evidências que tornam o STEM uma plataforma de ensino e que também é um estímulo à pesquisa propiciando ao aluno um desafio em que ele seja capaz de buscar/construir o conhecimento, a análise da solução de problemas, trabalho em grupo e possuir mais interatividade, dentre outros. Sua aplicação é satisfatória no ensino superior.

Muito embora os conceitos aplicados foram de Engenharia, foi realizado também um ensaio com alunos do ensino técnico. Na comparação com o ensino superior, esses alunos do ensino técnico precisam de mais suporte que poderá ser norteado pelo professor na direção dos caminhos a seguir para alcançar

os objetivos. Quando questionados sobre esse tipo de aula, foram categóricos em afirmar que era mais aproveitável do que a aula técnica em sala.

Devido às restrições de tempo, este estudo não conseguiu obter amostras de larga escala, para uma futura análise.

Trabalhos futuros

A contribuição do STEM nos permite prever que alunos saiam da escola com a oportunidade de participarem de experimentos e situações de aprendizagem significativas em suas vidas, pois tal metodologia contribui para que os alunos vivenciem um estado real.

O presente estudo empregou a aprendizagem baseada em projetos STEM, para a discussão entre grupos e resultados obtidos entre eles. Pode-se prever novos arranjos e distribuição do *layout* do equipamento, novos equipamentos miniaturizados, novos tipos de coleta de dados mais minuciosos, mais detidos e que possam ajudar na realização de novas experimentações do uso do equipamento junto com o STEM.

Sugere-se que, no futuro, existam cursos baseados em projetos STEM, projetados para promoção em várias escolas, o que permitirá a coleta de grandes amostras de dados. Diferentes turmas de alunos devem ser submetidas a uma experimentação em grupo e participarem das comparações dos resultados para que suas diferenças possam ser aprendidas. Também seria possível o uso de métodos de pesquisa qualitativa para analisarem e resumirem os resultados e fornecerem uma referência aos estudos futuros em STEM.

REFERÊNCIAS

- ABE, I.L. **Síntese de nanotubos de carbono pela técnica de deposição química a vapor** São Paulo, Dissertação, EPUSP, 91 p., 2014
- AEDO, C., **The Value of Experience in Education: John Dewey May 2002** disponível em <http://caedofu.tripod.com/cv/dee.pdf> acessado 20/06/2017
The Value of Experience in Education: John Dewey
- ALVES, L.P. S. **Um Aplicativo em Inteligência Coletiva para Compartilhamento de Rotas em Redes Sociais** Monografia, UNIVERCIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL do PARANA, 2011, 48 p, acessível em http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/256/1/CM_COINT_2011_2_8.pdf
- ARAUJO, U.F. **Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino Superior** p.27./28 Editora Summus, São Paulo, 2009.
- ARAUJO, U.F **A quarta revolução educacional: a mudança de tempos, espaços e relações na escola a partir do uso de tecnologias e da inclusão social** ETD – Educação Temática Digital, Campinas, v.12, n.esp., p.31-48, abr. 2011 – Disponível ISSN: 1676-2592
- AUZUBEL, D. N.; NOVAK.J.D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional** Ed. Interamericana, Rio de Janeiro 1980, . 626 p.
- BAIETTO M.;WILSON D.A. **Electronic-Nose Applications for Fruit Identification, Ripeness and Quality Grading, MPDI, Sensors**, V15(1), p 899-931, 2015 DOI:10.3390/s150100899
- BARBOSA, E.F.; MOURA^a, D.G.de; **Metodologias Ativas de Aprendizagem no Ensino de Engenharia –2014**
- BARBOSA, E.F.; MOURA^b, D.G.de; **Metodologias Ativas de Aprendizagem na Educação Profissional e tecnológica** Boletim Tec. Senac, Rio de Janeiro, v. 39, n.2, p.48-67, maio/ago. 2013.
- BERBEL, N.A.AN.; GAMBOA, S.A.S **A metodologia da problematização com o arco de Maguerez. Uma perspectiva teórica e epistemológica** Filosofia e Educação 2011
- BARROS, D.M.V. de; **Estilos De Aprendizagem E As Tecnologias: Guias Didáticos Para O Ensino Fundamental**
Disponível
<http://www.agrinho.com.br/ebook/senar/livro1/files/MetodologiaProducaoConhecimento.pdf> Programa AGRINHO Coleção Agrinho p.41 Curitiba 2015
- BASAM, J.D.; MARINO, M. T. **Understanding STEM Education and Supporting Students through Universal design for Learning ;Teaching:Exceptional Children** MAR/APR 2013
<http://www.researchgate.net/publication/275353986>

BASTOS, C. da C. **Metodologias Ativas.** (2006).

Disponível em:

<http://educacaoemedicina.blogspot.com.br/2006/02/>

Acesso em: 20/07/2017.

BEHRENS, M.A. **Metodologia de projetos: aprender e ensinar para a produção do conhecimento numa visão complexa.**

Disponível em

<http://www.agrinho.com.br/ebook/senar/livro1/files/MetodologiaProducaoConhecimentopdf-ProgramaAGRINHOpag.15>, Curitiba, 2015

BOESING, I. J.; ROSA J. A. da, JUNG, C.F. **Desenvolvimento de competências na formação do engenheiro de produção: uma contribuição a partir do ensino de Física.** Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 3, n. 4, p. 89-100, 2008

BONWELL, C; EISON, J. A. **Active learning: creating excitement in the Classroom** Eric Digests, Publication Identif. ED340272, 1991

BRAGOW, D., GRAGOW, K.A., SMITH, E. **Back to the future: Toward Curriculum Integration.** Middle School Journal, 27, p.39–46,1995.

CAMARGO-MACEDO, P. **Rendimiento de morteros producidos con la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar.** Revista . Ingeniería. & Construcción., v. 29(2), 2014, DOI: /10.4067/S0718-50732014000200005
Rendimiento de morteros producidos con la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar. Revista . Ingeniería. & cConstrucción., v. 29(2), 2014, DOI: /10.4067/S0718-50732014000200005

CARDOSO, A. R, **Avaliação das Características Elétricas de Filmes de SiO₂ Obtidos por Deposição Química a Vapor Enriquecida por Plasma, a partir de Fonte Orgânica TEOS,** tese, EPUSP, 1997.

CARVALHO, A.T. **Reatores miniaturizados para pré tratamento de amostras para remoção de compostos orgânicos voláteis** tese de doutorado ESCOLA POLITECNICA DE SÃO PAULO, São Paulo, 2008, 138 p.

CARVALHO, R.A.M.; CARVALHO, A.T., SILVA, M.L.P., DEMARQUETTE, N.R., ASSIS, O.B.G; SILVA, M.L.P., **Use of Thin Films Obtained by Plasma Polymerization for Grain Protection and Germination Enhancement** ., Química Nova, vol. 28, nº 6, p. 1006-1009, 2005

CHOI, B.C.K. **Multidisciplinarity, interdisciplinarity and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: Definitions, objectives, and evidence of effectiveness.** Clinical and Investigative Medicine,v.29, p.351-364, 2006

CHOVAN, T.; GUTTMAN, A.; **Microfabricated devices in biotechnology and biochemical processing, Trends in Biotechnology,** v. 20, n. 3, p. 116-122, 2002, DOI 10.1016/S0167-7799(02)01905-4.)

CLIPPARD, M.C.; HUGLES, W.; CHOCHAN, S.; Balwant, S.; Danny. G. **Construction and Characterization of a Compact, Portable, Low-Cost Colorimeter for the Chemistry Lab.**, J. Chem. Educ., v. 1, p. A-H, 2016, DOI: 10.1021/acs.jchemed.5b00729

COELHO, M.G.J.; SOUZA, M.G.; DIAS, T.B.G.,C.; SOUZA, S.A.J. **Corpos de prova em escala reduzida de asfalto composto de madeira.** COBENGE, p. 128711, Juiz de Fora, 2014

CUNNINGHAM, C.M., Hester, K. **Engineering is Elementary: an Engineering and Technology Curriculum for Children.** American Society for Engineering Education, Proceedings of the 2007 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition

CUNNINGHAM,, W. G.; SHERMAN, W. H. **Effective internships building bridges between theory and practice.** Educational Forum, 72(4), p.308-318, 2008. <http://dx.doi.org/10.1080/00131720802361936>

DIESEL A. **Estratégias de compreensão leitora : Uma Proposta de Atividades Desenvolvidas sob a Perspectiva das Metodologias Ativas de Ensino** tese de mestrado UNIVATES, 2016

DREYFUS, B. W.; GELLER, B.D.;MELTZER D.E. **Teaching thermodynamics and statistical mechanics in introductory physics, chemistry, and biology** . American Journal of Physics, 83 (1), p.5-21.(2005) doi: <http://dx.doi.org/10.1119/1.4891673>

EREMETS, M.I.; GARILIUUK, A.G.;TROJAN, U.A.; DZIVENKO, D. A.. **Single-Bonded Cubic form of Nitrogen Nature Materials**, vol.3, p.558-563, 2004 pesquisa e tecnologia, São Carlos, v. 6, n. 1, p. 23-30, 2009.

ESCRIVÃO E. F.; RIBEIRO^a, L. R.de C. **Inovando no ensino de administração: uma experiência com a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL).** Cadernos EBAPE.BR, Rio de Janeiro, ago. 2008

ESCRIVÃO E. F.; RIBEIRO^b, L. R.de C. **Aprendendo com PBL– Aprendizagem Baseada Aprendendo com PBL– Aprendizagem Baseada em Problemas: relato de uma experiência em cursos de engenharia da EESC-USP.** Revista Minerva: pesquisa e tecnologia, São Carlos, v. 6, n. 1, p. 23-30, 2009.

FARIA, J.A. **Proposta de Auditorias de Sistema da Qualidade para Indústria de Auto Peças**, Monografia, Universidade de TAUBATE, 2000, 50p.

FAGUNDES, L. **Educação à distância: uso de rede telemática com baixo custo.** Anais do Seminário Informática e Educação: os desafios do futuro. Campinas: Unicamp, 1999.

FEREZIN, E. ; GONÇALVES,E. M.; SUDO, T. T.; FRANZOTTI, C. L. **Análise de emissões de gases e material particulado em caldeiras do setor sucroalcooleiro.** Ciência & Tecnologia: FATEC-JB, Jaboticabal (SP), v. 6, n.(1), 2014, p. 15-21, 2014

FERNANDES, S., MESQUITA, D., FLORES, M.A., LIMA, R.M. **Engaging students in learning findings from a study of project –led education.** European Journal of Engineering Education, v.39, p.55-67,2014, DOI: 10.1080/03043797.2013.833170

FERNANDES, S., MESQUITA, D., FLORES, M.A., LIMA, R.M., **Engaging students in learning: findings from a study of project-led education.**, European Journal of Engineering Education, v. 39(:1), 2014, p. 55-67, DOI: 10.1080/03043797.2013.833170

FERRARI, M.; <https://novaescola.org.br/conteudo/1711/john-dewey-o-pensador-que-pos-a-pratica-em-foco>. 01/10/2008
Acessado em 20/07/2017

FERREIRA, D. da C.; RODRIGUES, A.M.; REBELATO, M.G.;CLETO,M.G. , **A Auditoria de Processo como Suporte à Melhoria Contínua: Estudo de Caso em uma Montadora de Automóveis Produto & Produção**, vol. 9, n. 1, p. 76-92, fev. 2008

FOLLWEILER, J. M.; SHERMA, J. **CRC handbook of chromatography: pesticides and related organic chemicals.** Boca Raton, Fla. : CRC Press, vol. 183, 1984

FREIRE PAULO **Pedagogia da Esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido.** 13ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006

FREITAS, F.M. **As dimensões da teoria e da prática na formação de profissionais da Administração: Contribuição da Metodologia de Projetos à luz da pensamento complexo.** Dissertação de Mestrado 2003, CEFET-MG, Belo Horizonte

FUMER, J.; KUMAR, D.; **The mathematics and Science Integration Argument; a Stand for a teacher Education** Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology, 3(3), p.185–189, 2007

GARIK, P.;GARBAYO L.; BENÉTREAU-DUPIN Y.; WINRICH C. **Teaching the Conceptual History of Phisics teachers** Science & education, v.24.n.24, p.387-408, 2015 DOI 10.1007/s11191-014-9731-9

GAUGLITZ, E. **Estudo e Levantamento de Parâmetros para Montagem de um Laboratório de Produção de Fontes radioativas Utilizadas na Verificação de Equipamentos** Dissertação, IPEN, 2010, 82 paginas DOI 10.11606/D.85.2010.tde-08082011-143953 acesso em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-08082011-143953/en.php>

GEBARA, D. **Desempenho de um reator aeróbico de leito fluidizado no tratamento de esgoto sanitário** tese de doutorado ESCOLA POLITECNICA DE SÃO PAULO, DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRAULICA e SANITARIA, 2006, 400 p.

GEMIGNANI, E.Y.M. Y. **Formação de Professores e Metodologias Ativas de Ensino-Aprendizagem: Ensinar Para a Compreensão** Revista Fronteira das Educação [online], Recife, v. 1, n. 2, 2012. ISSN: 2237-9703.

Disponível em:

<<http://www.fronteirasdaeducacao.org/index.php/fronteiras/article/view/14>

GEORGES, M. R. R. **O jogo da Logística** SIMPOI São Paulo agosto 2009
http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2009/artigos/E2009_T00113_PCN49181.pdf

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L.H. **Avaliação dos estudantes sobre o uso de imagens como recurso auxiliar no ensino de conceitos químicos**, QUIMICA NOVA NA ESCOLA –v.35, n.1, p,19-26, fevereiro 2013

GILLETE, Y.; DePOMPEI, R. **The potencial of electronic organizers as a tool in the cognitive rehabilitation of young people**, NeuroRehabilitation v.19 number 3/2004 p. 233-243

GOMES, E. D.; ARAÚJO, A. F. de.; BARBOZA, R. J. **Auditoria: Alguns Aspectos a Respeito de sua Origem**. Revista científica eletrônica de ciências contábeis, Ano VII – Número 13 – Maio de 2009, http://www.faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/xza6N0w4fqVM1H2_2013-4-24-11-13-58.pdf

HAHN, U.; HESSE, M.; REMDE, H.;ZAPFE,K. **A New Cleaning Facility for Particle-Free UHV-Components**, Vacuum, Volume 73, Issue 2, 19 March 2004, Pages 231-235, ISSN 0042-207X, <http://doi.org/10.1016/j.vacuum.2003.12.020>.

HERNANDEZ, F. V.: **Transgressão e Mudança na Educação: Os Projetos de Trabalho** editora Artimed Porto Alegre 1998 cap. I e II

HERNANDEZ, L. F., **Produção de Filmes Compósitos a Partir de Tetraetilortossilicato para Aplicação em Estruturas Miniaturizadas e em Detecção de VOCs /Umidade**, Tese, EPUSP, São Paulo, 2012, 215 p

HERZER, M.; MENEZES, F. de M.; POSSEBON, A. P.;NUNES, F. de L. **Avaliação da utilização de metodologias ativas no ensino superior: Estudo de caso da disciplina de gestão da produção aplicada. 2015**
<http://www.revistaespacios.com/a16v37n02/163702e3.html> Avaliação da utilização de metodologias ativas

HOWELL, A.L.; SERGEN,D.W. **Using a web service, mobile device and low cost robot to teach computer science and engineering** Electro Information technology Conference, 2004, p.234 -245.

IEIRI, Y.M.; BOTTEON, M.M.;HERNANDEZL.,F.;SILVA, L.M.;SILVA, M.L.P. da, **O uso de estruturas miniaturizadas para ensino da modificação no fluxo pelo preenchimento de canais** , Boletim Técnico da FATECSP, BT/24 – p..33 a 37 – Maio / 2008

JAGUR-GRODZINSKI, J.; **Polymeric materials for fuel cells: concise review of recent studies** Polym. Adv. Technol. 18: p.785–799, 2007.)

JERDE M. W.; WAGH A.; WILENSKY U.; **Balancing Curricular and Pedagogical Needs in Computational Construction Kits: Lessons From the DeltaTick Project**; Published online 15 April 2015 in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com)DOI 10.1002/sce.21157

JIMÉNEZ-GONZÁLEZ, C., POECHLAUER, P., BROXTERMAN, Q.B., YANG, B-S., ENDE, D., BAIRD, J., BERTSCH, C., HANNAH, R.E., DELL'ORCO, P., NOORMAN, H., YEE, S., REINTJENS, R., WELLS, A., MASSONNEAU, V., MANLEY, J., **Key Green Engineering Research Areas for Sustainable Manufacturing: A Perspective from Pharmaceutical and Fine Chemicals Manufacturers**. *Organic Process Research & Development*, v. 15 (4), 2011, p. 900-911

JUNG, C.F.; CARLA,C. **“Aplicação de uma metodologia singular para o desenvolvimento de um produto inovador”** VII SEPROSUL- Semana de Engenharia de Produção Sul-Americana , Salto, Uruguay 2007

JUNIOR LUIZ. A.; NETO, O.T.;HERNANDEZ, M.F.;MARTINS P.S.;LEONARDO, L.;GUERRA, F. A. **A low cost and simple Arduino based educational robots kit** *Cyber Journals: Multidisciplinary Journals in Science and Technology, Journal of Selected Areas in Robotics and Control (JSRC)*, December Edition, 2013, v.13.ISSUE 12

KAMINARI, M. S. **Reatores de leito fluidizado: um estudo da correlação para remoção de íons de cobre de efluentes líquidos para o mecanismo de transporte de massa**, tese UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA, 2006, p 136

KHANNA, V.K. **Integrated Nanoelectronics: Nanoscale CMOS, Post-CMOS and Allied Nanotechnologies** Springer, 2016., in Chapter 1: Get Stated, pag. 1

KIANI, S.; MINAEI, Saeid; V.I, Ghasemi M.. **Application of electronic nose systems for assessing quality of medicinal and aromatic plant products: A review**, *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, v. 3, n. 1, p. 1-9, 2016, Doi 10.1016/j.jarmap.2015.12.002

KLEIN, A. M. **O uso da aprendizagem baseada em problemas e a atuação docente**. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium*, Uberlandia, v. 4, n. 2S, p. 288-298, 2013

KUMAKHOY M.A.(ed.), X-Ray Optics, From the editor in chief **Journal of Analytical Chemistry**, v. 63, n. 3, p. 207–208, 2008, DOI: 10.1134/S1061934808030015

LEÃO, M.I. de A. **A infoera transformando as relações sociais** *Comunicação & Educação* ano X, v.10, n.1, jan/abr 2005 p. 61-70

LEFF, E. **Complexidade ,interdisciplinaridade e saber ambiental-I-DOI: 10.5212/Olhar Profr. v. 14i2. 0007**. *Olhar de professor*, v. 14, n. 2, p. 309-335, 2011.

LEITE, A. R. LIMA, R. da R.. **Array of miniaturized structures applied to small-labs development**. 30th Symposium on Microelectronics Technology and Devices (SBMicro), 31 Ag. – 4 set., Bahia, p. 1-4, 2015. DOI 10.1109/SBMicro.2015.7298115

LO TIEN. DAN-CHIA, QIAN K.; HONG S. **The use of low cost portable microcontrollers in teaching undergraduate computer architecture and**

organization Integrated STEM Education Conference, March 9, 2012, Ewing, NJ, IEEE, 2012

LOCKE, E. **Proposed Model for a Streamlined, Cohesive, and Optimized K-12 STEM Curriculum with a Focus on Engineering.** The Journal of Technology Studies, Vol. 35, 2009, p. 23 - 35.

LOVELOCK, J.; **Each nation must find the best use of its resources to sustain civilisation for as long as they can, argues** . Published in The Independent, 16 January 2006.

MARCUZZO, J.S.;CUÑHA, A.;TANCREDI,N.; MENDEZ, E.; BERNARDI,H.; RIBEIRO,B. **Microporus activated carbon fiber felt from Brazilian textile PAN fiber: preparation characterization and application as super capacitor electrode** Rev. Bras. Apl. Vac., Campinas, Vol. 35, N°2, pp. 58-63, Maio-Ago., 2016 doi: 10.17563/rbav.v35i2.1022

MARQUES, D. **Uma fabrica blindada** Técnica, fev, 2017 p.24-30 acesso em <http://www.abcic.org.br/Clipping/TechneFevereiro2017.pdf>

MARTINS V.W.B. **Análise do desenvolvimento de competências gerenciais na construção civil através do modelo da Aprendizagem Baseada em Problemas adaptado ao contexto organizacional**, Revista de Eng. e Tecnologia, v. 6, n. 1, p. 123-134, 2014.

MATITZ, R.Q.S.;VIZEU,F. **Construção e uso de conceitos em estudos organizacionais: por uma perspectiva social e histórica** Rev. Adm. Pública vol.46 no.2 Rio de Janeiro Mar./Apr. 2012, ISSN 0034-7612 <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-76122012000200011>

MATOS,L. M.;PEREIRA, A.T. C.; GOMES,L.S.R. **Metodologia projetual sustentável - a busca brasileira**, Anais do 2º Simpósio Brasileiro de Design Sustentável (II SBDS) Mônica Moura & Aguinaldo dos Santos (orgs.) Rede Brasil de Design Sustentável – RBDS São Paulo | Brasil | 2009].

MATSUYAMA F.; BEZZON, G.; DAVANZZO,C. **Avanços no ensino de engenharia com aplicação de conceitos de PBL através de aplicação de desafios**, Revista de Eng. e Tecnologia, v. 6, n. 1, p. 123-134,

MEYRES, C.; JONES. T.B. **Promoting Active learning: Strategies for the College Classroom** Jossey-Bass Publishers, San Francisco, p. 5 /7 1993

MININI, M.;MATSUY,E.Y.;LIMA,R.,R. da; SILVA, M. L. P. da; **Manipulação de fluidos: sugestão para o ensino desse conceito na área das engenharias** workshop de pós-graduação e pesquisa, Anais, CDROM, 2010 <http://www.centropaulasouza.sp.gov.br/pos-graduacao/workshop-de-pos-graduacao-e-pesquisa/anais/2010/Trabalhos/gestao-e-desenvolvimento-de-tecnologias-Ambientais/Trabalhos%20Completo/MININI,%20Mayara.pdf>

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem Significativa, Organizadores Prévios, Mapas Conceituais, Diagramas V e Unidades de Ensino Potencialmente Significativas**

Material de apoio para o curso Aprendizagem Significativa no Ensino Superior: Teorias e Estratégias Facilitadoras. PUCPR, 2012, 2013

MORIN, E. **A cabeça bem feita. Repensar a reforma. Reformar o pensamento.** . 16 ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2009

MORIN, J. **Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda**, 2015 <http://porvir.org/serie-de-dialogos-debate-competencias-socioemocionais/>

MOURA, D. G. **A dimensão lúdica no ensino de ciências** tese de doutorado, faculdade de Educação – 1993-USP São Paulo

MOURA, G. D. ;BARBOSA, F.E. **Trabalhos com projetos: Planejamento e gestão de projetos educacionais**, 2007 3. Ed. Ed. Vozes, Petropolis, RJ

NAGAI, W.A.; IZEKI, C.A. **Relato de experiencia com metodologia ativa de aprendizagem em uma disciplina de programação básica com ingressantes dos cursos de Engenharia da Computação, Engenharia de Controle e Automação e Engenharia Elétrica UNIFEI – 2015**

NARDI, J. A., **Estudo das propriedades estruturais e ópticas de vidros teluritos do sistema TeO₂-Li₂O-Nb₂O₅**, Dissertação, Ilha Solteira, 2010, 71p.

NBR - ISO 14010 - DIRETRIZES PARA AUDITORIA AMBIENTAL - PRINCÍPIOS GERAIS

NWAOGU, U. C.; TIEDJE, N. S.; **Foundry Coating Technology: A Review, Materials Sciences and Application**, 2, p. 1143-1160, 2011, doi:10.4236/msa.2011.28155

OLIVEIRA, M. de S.; SILVEIRA, M.R.A. de **Falar e Mostrar para Provar: Uma Contribuição Teórica sobre a Utilização dos Gestos Ostensivos Wittgensteinianos como Auxiliares na Prova Matemática**, ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v.9, n.2, p.271-285, novembro 2016 <http://dx.doi.org/10.5007/1982-5153.2016v9n2p271>

PAIXÃO, T R.L.C.; BERTOTTI, M.. **Métodos para fabricação de microeletrodos visando a detecção em microambientes**. Química . Nova, v. 32, n. 5, p. 1306-1314, 2009

PALLAZO, J. **Plano de Carreira e desempenho dos Professores na Perspectiva dos Alunos; Encontros e Desencontros** Dissertação, Universidade de Brasília 104p, 2008 <https://bdt.d.uceb.br:8443/jspui/handle/123456789/911>

PASSOLI, E. G. ; GUBERT,R. **Portfólio como ferramenta metodológica e avaliativa Metodologias para a produção do conhecimento da concepção a pratica** Patrícia Lupion Torres, organizadora - Curitiba : SENAR - PR., 2015.

PEIGHAMBARDOUST, S.J.; ROWSHANZAMIRAS.; AMJADIA, M., **Review of the proton exchange membranes for fuel cell applications**, International Journal of Hydrogen Energy, vol. 35, i. 17, p. 9349-9384, 2010.

PEIXOTO, A. G. **O Uso de Metodologias Ativas Como Ferramenta de Potencialização de Diagramas de caso de Uso** Periódico Científico Outras Palavras, volume 12, número 2, ano 2016, p.39

PERRY, G. T. **Proposta de uma Metodologia Participativa para o Desenvolvimento de Software Educacional**, UNIVERSIDADE FEDERAL do RIO GRANDE do SUL, Escola de Engenharia, Programa de Pós Graduação Engenharia de Produção, dissertação, Porto Alegre, novembro de 2005

PICHI^a, Jr W. **Construção de Protótipo Para Ensino na Área Tecnológica: Cromatografia como estudo de caso**, tese de mestrado, Centro Paula Souza, 2011

PICHI, Jr., W.;GATTI, D.; SILVA, M. L. P. da, **Interdisciplinaridade Como Consequência de Trabalhos Conjuntos Entre Nível Técnico e Superior**, Revista de Ensino de Engenharia, v. 34, n. 1, p. 51-60, 2015

PINHEIRO^a, M.C. de CAMPOS, **Falta de engenheiros é o gargalo do desenvolvimento**, Presidente do FNE 2012 Disponível <www.fne.org.br/fne/index.php/fne/institucional/palavra> ultimo acesso 10/10/15

PINHEIRO^b, P.C. **Aumentando o interesse do alunado pela química escolar e implantação da nova proposta curricular mineira: Desenvolvimento e resultados Projeto Seminal realizado no PIBID UFSJ, QUIMICA NOVA NA ESCOLA-** v.34, n.4, p.173-183, novembro 2012

PONCE ORTEGA; M.J.; AL-THUBAITI, M.M.;; EI-HALWAGI, M. M.; **Process Intensification: New understanding and systematic approach**, Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, v. 53, p. 63-75, 2012, doi 10.1016/j.cep.2011.12.010

POUX, M.; COGNET, P.; GOURDON, C.. **Green Process Engineering: From Concepts to Industrial Applications, Capítulo: Process intensification by miniaturization**, p. 77 – 108, CRC Press., Paris, 2015, 492 p.

PRASAD, B. **Concurrent engineering fundamentals: integrated product development**. v. 2 .New Jersey, Prentice Hall, 1997. 326 p.]

PSYCHARIS, S.; MAKRI-BOTSARI, E., XYNOGALAS, G.: **The Use of Educational Robotics for the Teaching of Physics and Its Relation to Self-Esteem**, http://monicareggiani.net/simpar2008TeachingWithRobotics/psycharis_et_al.pdf

RANGASAMY, M. Nano Technology: **A Review**, **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 01, n. 2, p. 08-16, 2011

RIBEIRO, C.S. de S. **Síntese e Caracterização de Estruturas de Sílica Oca obtidas a partir de Esferas de Poliestireno** São Paulo, Dissertação, UFABC, 92 p, 2013

RIBEIRO, R. de C. **A aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma implementação na educação em engenharia**. Tese (Doutorado) – UFSC, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2005.

RODRIGUES, E. M.; ROSA,S. MELO da, **Ferramentas e Abordagens Inerentes ao Ato Projetual: Uma Proposta de Guia reflexivo no Projeto de Produto** VII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design Realizado de 11 a 14 de novembro de 2007 na UFPR ISBN do Livro de Resumos: 978-85-61172-

- 00-8. Disponível
http://www.exatas.ufpr.br/portal/docs_degraf/artigos_graphica/FERRAMENTAS.pdf
- ROUILLER, C.A. **“Gerência de Projetos de Software”**- Curso de Pós graduação – Lavras – UFLA FAEPE 2008 .
- SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S.L. Estudos de caso em química. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 731, 2007.
- SAHA, J., DE, G., **Highly Ordered Cubic Mesoporous Electrospun SiO₂ Nanofibers**, Chem. Commun., 2013, 49, p.6322—6324 DOI: 10.1039/c3cc42338g
- SANTOS, S. N., **Kits Didáticos para Ensino de Engenharia Química**, Monografia, Faculdade de Tecnologia de São Paulo, 2013, 46 p.
- SCHICHT, H.H. **Clean Room Technology: the Concept of Total Environmental Control for Advanced Industries** Vacuum, Volume 35, Issue 10, 1985, p. 485-491, ISSN 0042-207X, [http://dx.doi.org/10.1016/0042-207X\(85\)90370-7](http://dx.doi.org/10.1016/0042-207X(85)90370-7). (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0042207X85903707>)
- SELLTIZ, C. et al. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. 2. ed. Tradução de Dante Moreira Leite. São Paulo: EPU, 1974. 687 p.
- SHEN, H. H; FAN, K. S.; KIM, J.C.; YAO, J. da. E. **Microfluidic systems for biomedical applications, Microfluid Nanofluid**, v. 16, p. 965–987, 2014, DOI 10.1007/s10404-014-1386-y
- SHONNARD, D. R., **Green Engineering Education Through A U.S. Epa/Academia**, 2003
- SILVA^e, A.N.R.; ORIMOTO, N.I.; BONNAUD, O., **Tetraethylorthosilicate SiO₂ films deposited at a low temperature, Microelectronics Reliability**, V. 40, 4–5, 2000, P. 621-624, [dx.doi.org/10.1016/S0026-2714\(99\)00296-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0026-2714(99)00296-6)
- SILVA^a, M. L. P.; FURLAN, R., RAMOS, I., **Development Of Miniaturized Structures And Setups For Research And Teaching Of New Concepts In Engineering**, 9th International Conference on Engineering Education July 23 – 28, San Juan, PR, 2006, Session M5A
- SILVA^b, L. M.; LIMA, R.R.; CARVALHO, A.T.; SILVA, M.L.P.. **Low cost microstructures for preconcentration of polar and non-polar organic compounds**. Materials science fórum, v. 514-516, p. 1250-1254, 2006.
- SILVA^c, M.L.P.; GAMEIRO, J. **Pre-concentrators: trends and future needs, Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 25, n. 3, 123-130, 2006.
- SILVA^d, L. M., **Conjuntos de Estruturas Miniaturizadas usadas para Manipulação de Misturas**, São Paulo, Tese, EPUSP, 2010, 184p
- SILVA^f, M. L.; LIMA, R. da R.; SIMÕES, E.W.; SANTOS, J.F. **Estruturas Miniaturizadas e Empacotadas Usadas para Ensino em Engenharia** XXXVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. 2008 <http://198.136.59.239/~abengeorg/CobengeAnteriores/2008/artigos/2420.pdf>

SILVA⁹, S. de C.R.; SCHIRLO, A. C. **Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel: Reflexões para o ensino de física ante a nova Realidade social** *Imagens da Educação*, v. 4, n. 1, p. 36-42, 2014.

SIMON, F.C.; FRANCO, L.F.de R. **Estudo das Metodologias Ativas no ensino Superior: Revisão Sistemática** *Boletim. Téc. Senac, Rio de Janeiro*, v. 41, n. 1, p. 24-35, jan./abr. 2015.

SMITH, J.; KARR, P.;-KIDWELL, P. **The Interdisciplinary Curriculum: a Literary Review and a Manual for Administrators and Teachers**. Retrieved from ERIC database. (ED443172),2000

STEPHEN, N. W. **Automation it's challenge to education an analysis of the problems** *Departmental Bulletin Paper*, 3 , 1996, p. 149-200, Bunkyo UN disponível em <<http://ci.nii.ac.jp/naid/120005261572>>.

SUBRAHMANYAM, K., GREENFIELD, P., KRAUT R., GROSS E. ,**The impact of computer use on children's and adolescents' development**, *Journal of Applied Developmental Psychology*, v.22, Issue 1, January–February ,2001, p. 7-30, ISSN 0193-3973, [http://dx.doi.org/10.1016/S0193-3973\(00\)00063-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0193-3973(00)00063-0) <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0193397300000630>

SUGUMARAN, R.; NANAL, H.; JAIN R., WADOO, S. **Establishing a Cost Effective Embedded Control and Robotics Engineering Program: Linear Optimal Control Design using LEGOs** ; New York Institute of Technology, 3rd IEEE Integrated STEM Education Conference; 978-1-4673-5624-4/13/\$31.00 ©2013 IEEE; March 9, 2013, Princeton, NJ

TAVARES, P.P.R. **A Nova Lei da Propriedade Industrial** São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 1996, p. 14-15

TENG, M., LI, F., ZHANG, B., TAHA, A. A., **Electrospun Cyclodextrin Functionalized Mesoporous polyvinyl alcohol/SiO₂ Nanofiber Membranes as a Highly Efficient Adsorbent for Indigo Carmine Dye Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects** 385 (2011) 229– 23

TIC-Educação **Pesquisa sobre o Uso das tecnologias de Informação e Comunicação nas Escolas Brasileiras**, p.27-29, 2013

TONELLA, P.; TORCHIANO, M.; BOIS.; Bart D.; SYSTÄ, T. **Empirical studies in reverse engineering: state of the art and future trends**. *Empirical Software Engineering*, Hingham, USA, 2007. P. 551-571.

TOSKAS, G., CHERIF, C., HUND, R-D, LAOURINE, E., FAHMI, A., MAHLTIG, B., **Inorganic/Organic (SiO₂)/PEO Hybrid Electrospun Nanofibers Produced from a Modified Sol and Their Surface Modification Possibilities**, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2011, 3, 3673–3681, dx.doi.org/10.1021/am200858s

TSOK, A, C.; JOHNS, W.R.,LINKE, P.;KOKOSSIS,A., **Towards sustainability and green chemical engineering tools and technology requirements**. *Green Chemistry*, v.2004-6,p.401-406,2004,DOI: 10.1039/B402799J

URIAS, G.; AZEVEDO L.A.S.de; ASSIS A.; **O Relato de uma Atividade para o Ensino da Biofísica Fundamentada em Metodologias Ativas de Ensino de Ciências**, Revista Amazônica de Ensino de Ciências, v.9 ,n.18 ,p.282-297 , jan-jul

WEN, S, LIU, L., ZHANG, L., CHEN, Q., ZHANG, L., FONG, H., **Hierarchical electrospun SiO₂ nanofibers containing SiO₂ nanoparticles with controllable surface-roughness and/or porosity**, Materials Letters 64 (2010) p.1517–1520

WONG, I.; HO, C.M.; **Surface molecular property modifications for poly(dimethylsiloxane) (PDMS) based microfluidic devices**, Microfluid Nanofluidics, 1; 7(3): p. 291–306, 2009

YAKSIC, F.; FILHO, J.de S.(Ed.) **O Brasil na Infoera: Impactos da Lei de Informática no País, A Visão da Indústria, Instituições de P&D e Especialistas** ABINEE, 66, 128p. ed. Civilização 2013
<<http://www.abinee.org.br/programas/imagens/brainfo.pd> >

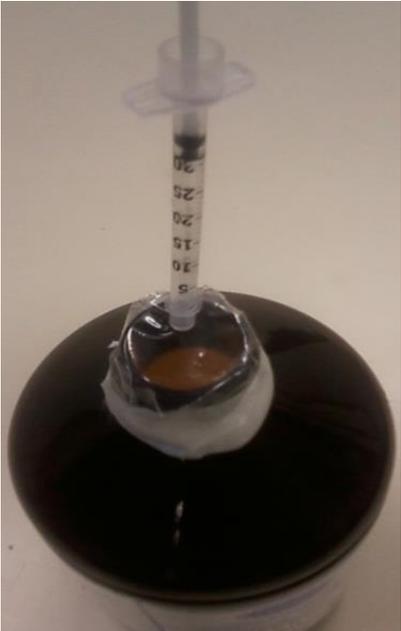
ZUFFO, A.J. **A infoera: o imenso desafio do futuro. A Sociedade e a Economia no Novo Milênio Livro I a Tecnologia e a infossociedade** , Ed. Manole 2003

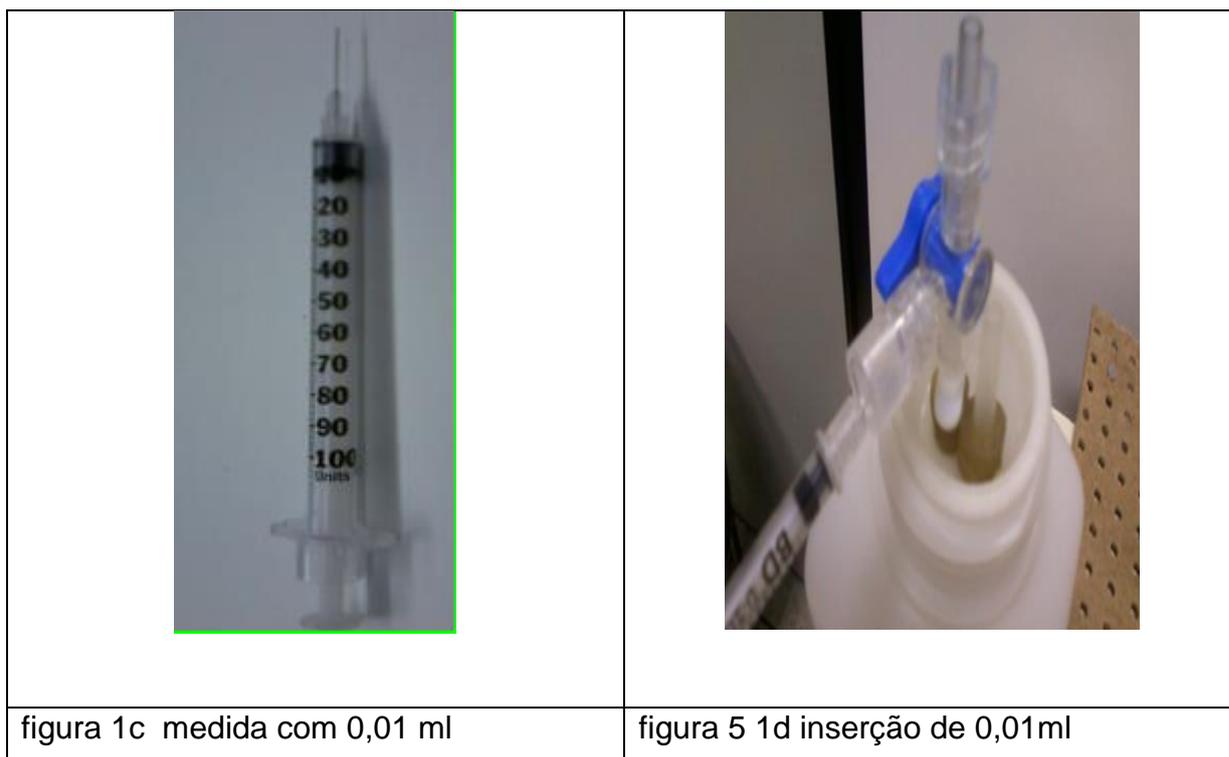
Anexo A

DILUIÇÃO DOS REAGENTES

A diluição dos reagentes pode ser feita com os seguintes passos (figuras 1a a 1d): a) figura 1.a - reveste-se a boca do recipiente contendo o reagente com filme de PVC (Magipack®). Para remover uma amostra, perfura-se o filme plástico com a seringa e retira-se amostra considerável, no presente exemplo 0,03 ml (figura 1b). A vantagem de recolher grande quantidade é que se evitam erros de leitura na obtenção da amostra. Descarta-se parte da amostra, de acordo com o interesse de medida, nesse caso 0,01 ml (figura 1c). Adiciona-se quantidade apreciável de ar para diluir a amostra, nesse exemplo 0,03 ml e, por fim, insere-se no reator, no presente caso, 0,01 ml (figura 1d).

Figura1a a 1d - passo a passo no procedimento de inserção de contaminante nos reatores apresentados.

	
figura 1a revestimento do recipiente	figura 1b retirada de 0,03 ml



Fonte: autor

A tabela 5.2 apresenta os cálculos de concentração. Neste caso, considerando-se os sensores utilizados (TGS 2620, Fígaro), observa-se que não deve ser possível a medida no recipiente de 1l litro porque a faixa de medida requerida está fora do previsto em manual como limite de detecção e, portanto, pode-se checar tal resultado teórico.

Tabela 1 cálculos da diluição apresentada nas figuras 5.4 a 5.6

Passo	Concentração do reagente (álcool isopropílico)
A	33 mmHg a 20°C
B	$PV = nRT$ e molecg-g do álcool = 60 g $33.0,030.10^{-3} = n.62,3. (20+273)$ $n = 5,4.10^{-8}$ $m = 3,2.10^{-6}g$ ou seja 3,2 µg
C	$m = 1,1.10^{-6}g$ ou seja 1,1 µg
D	$1,1 \mu g \quad \text{_____} \quad 0,03 \text{ ml}$ $1,1 \mu g \quad \text{_____} \quad 0,03 \text{ ml}$ $X \mu g \quad \text{_____} \quad 0,01 \text{ mL}$ $X = 0,37 \mu g$

Massa nos reatores	Densidade do ar = $1.1 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3$ Reator de 1 L $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ g} \quad \text{---} \quad 1 \text{ cm}^3$ $X \text{ g} \quad \text{---} \quad 1000 \text{ cm}^3$ $X = 1,1 \text{ g}$
	Reator de 0,5 L $X = 0,55 \text{ g}$
Concentração final	Reator de 1 L $0,37 \mu\text{g}/1,1 \text{ g}$ 0,33 ppm
	Reator de 0,5L $0,37 \mu\text{g}/0,55 \text{ g}$ 0,67 ppm

Fonte:autor

A remoção dos reagentes dos reatores é segura porque são produtos ambientalmente corretos e encontram-se em pequena quantidade. Contudo, essa remoção também favorece a compreensão dos ciclos de produção se ocorrer pela adição de ar, o que reforça que nada é perdido na natureza. Portanto, em um processo dinâmico, enquanto o compressor de ar remove o reagente, o sensor monitora a “limpeza”.

Devido à boa sensibilidade dos sensores e da existência de dez medindo simultaneamente, é possível monitorar o entorno do reator e observar como ocorre a dispersão dos reagentes.

A construção aqui proposta tem inúmeras alternativas de uso e este trabalho não pretende ser abrangente, contudo alguns exemplos são listados a seguir apenas para facilitar a compreensão da utilidade destes recipientes adaptados como reatores.

Para avaliar como um sistema de tratamento de efluentes convencional, como os lavadores de gás, funciona, pode-se adicionar à saída do sistema de recolhimento, por exemplo um “dedo frio” para armadilhar o reagente – e, neste caso, para continuar agindo ambientalmente correto sugere-se água já que estes produtos são solúveis.

Como lavadores de gases são instrumentos comuns na Engenharia Química para a remoção de contaminantes em fase líquida e gasosa além de particulados, pode-se fazer analogia com processos de produção macroscópico. Sugere-se, entre outros, o setor sucroalcooleiro porque a alimentação de suas caldeiras, muitas vezes dependentes da queima de bagaço de cana, gera particulados e COVS (compostos orgânicos voláteis) (FEREZEIN et al 2014) (CAMARGO & MACEDO, 2014). Em contrapartida, as matérias-primas desse setor são facilmente obtidas no dia-a-dia, o que permite uma simulação de uma usina e a discussão de fechamento de ciclos e suas dificuldades, como por exemplo, como medir a quantidade de contaminante que ficou retida no lavador de gás, ou seja, eficiência.

Assim, muito embora os recipientes usados como reatores possam rapidamente ser reutilizados simplesmente pela lavagem com pequena quantidade de água e secagem, não se recomenda a abordagem, pois esta não favorece conscientização ambiental nem cria a responsabilidade sobre os resíduos.

Anexo B

REATORES DE FLUXO CONTINUO E COLUNA EMPACOTDA

colunas cromatográficas e reator de fluxo contínuo.

Para testar o uso de colunas capilares em temperatura ambiente, mudou-se a abordagem, em consideração ao observado anteriormente com os reatores estáticos. Nesse caso, um grupo de 4 alunos provenientes do ensino médio profissionalizante da área de Meio Ambiente foram escolhidos para desenvolverem trabalho conjunto com alunos de graduação tecnológica. Os motivos são como segue:

- os testes anteriores mostraram as vantagens de equipes heterogêneas;
- a possibilidade de ter alunos de ensino médio trabalhando em ambiente universitário e controlado, o que favorece a aprendizagem sobre as necessidades educacionais desse grupo
- como o trabalho é focado em instrumentos de baixo custo para ensino médio, é interessante observar o comportamento deste grupo, que apresenta menor maturidade, devido à faixa etária;
- a possibilidade de inserir o trabalho proposto dentro da monografia de final de curso destes alunos, que é obrigatória, o que também significa interação com um professor externo à pesquisa, ou seja, tem um observador menos “influenciável” para o trabalho.

A missão do grupo, que corresponde parcialmente ao objetivo da monografia de final de curso, era gerar conteúdo, de forma livre – vídeo, apostila, etc. – para descrever possíveis usos do equipamento.

Observou-se que os alunos de ensino médio não foram capazes de gerar conteúdo, apenas de testar hipóteses que receberam ou de descrever material (partes, peças, *layout*, arranjo experimental etc.) que manipularam. Instados a explicarem o porquê de não produzirem material próprio, foi a falta de tempo, já que a monografia tem de ser produzida em um semestre, o que os fez focarem a compreensão de conceitos, como, por exemplo, COVs. O professor coordenador,

contudo, aprovou o experimento porque expõe, de modo seguro, os alunos ao ambiente universitário, o que pode mudar as atitudes destes.

Enfatiza-se, aqui, que o trabalho de conclusão de curso destes alunos foi bem avaliado pela banca avaliadora e o professor orientador aprovou o experimento, considerando que os alunos aprenderam bastante sobre equipamentos, medição de poluentes, COVs, entre outras coisas. A avaliação do professor sobre a experiência encontra-se no Anexo C.

Essa situação indicou que, provavelmente, o nível de maturidade dos alunos nessa faixa educacional é suficiente para entender o instrumento, interessar-se por ele, ver conceitos associados, tais como COVs, mas não para gerar novos conhecimentos. Por outro lado, aparentemente foi possível ancorá-los em conhecimentos antigos (AUSUBEL et al 1980), o que resultou num desempenho considerado bom pelos avaliadores do trabalho.

Devido à complexidade das outras etapas a serem testadas (reatores acima da temperatura ambiente e colunas empacotadas), mudou-se a abordagem e se considerou um único aluno, este já no nível de graduação, e uma fase completa de construção (projeto, processo, desenvolvimento, testes).

O projeto abordou a produção de colunas empacotadas e/ou reatores com leito fixo, porque estas, para serem produzidas em geral, exigem muitas etapas, a maioria delas em laboratório, ou seja, espera-se um aluno melhor qualificado. Nesses testes, algumas similaridades com a etapa anterior, com os alunos de nível médio, foram mantidas. Assim, as condições foram:

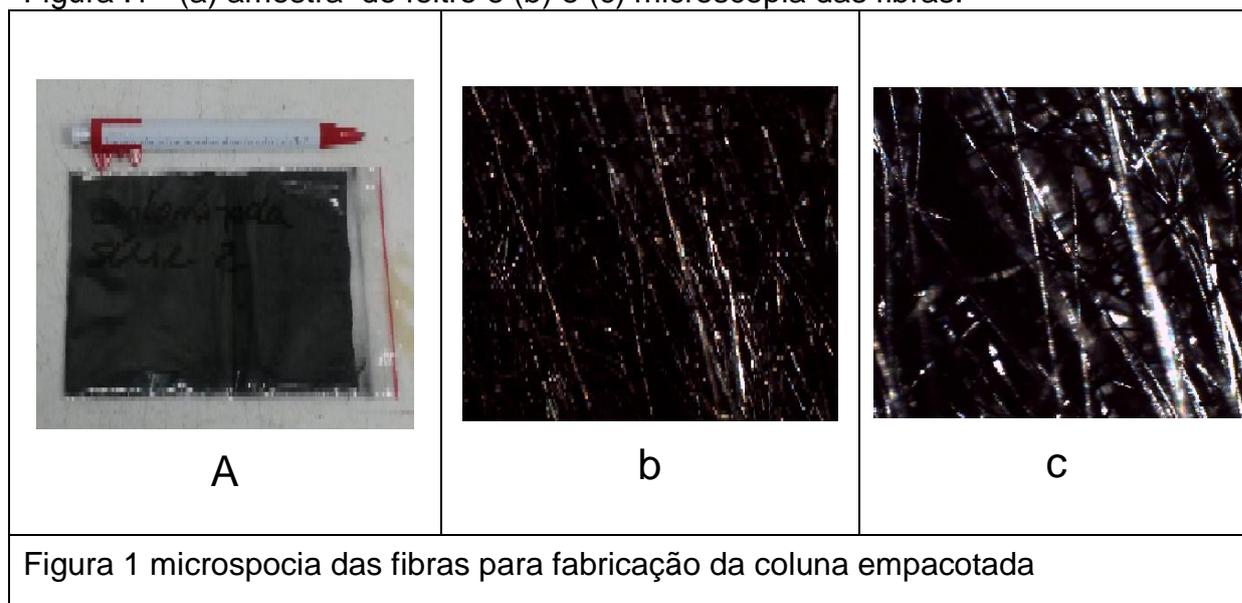
- o trabalho de graduação do aluno correspondeu a grande parte do projeto;
- também significou interação com um professor externo à pesquisa, que foi o responsável pela orientação do trabalho de graduação.
- o projeto continuou focado em instrumentos de baixo custo, muito embora demandou equipamentos mais especializados para certificarem várias etapas de construção das colunas/reator;

- o comportamento do aluno foi monitorado continuamente, permitindo compreender facilidades e dificuldades na utilização de materiais etc.

Objetivo principal é o uso de organo-silano (TEOS, tetraetilortossilicato) para a modificação superficial de microfibras, para a produção de micro reatores e/ou colunas empacotadas (estruturas miniaturizadas). O uso de microfibras de carbono para desenvolvimento de sensores é comum, principalmente como eletrodos (PAIXÃO, 2009; MARCUZZO et al 2016), devido à alta área superficial, tipo de superfície e possibilidade de aquecimento. Uma preocupação, contudo, quando da modificação da fibra por via úmida é que esta reação é dependente do substrato utilizado.

Quanto às fibras usadas, correspondem a microfibras de carbono de 70 micra de diâmetro suas principais características (MARCUIZZO et al, 2016) são a alta área superficial, se comparada ao volume sua boa resistência mecânica e térmica, contudo, em relação a tais fibras não se encontrou informação sobre modificação superficial usando organo-silano. A microfibra de carbono utilizada foi a fornecida na forma de feltro e a figura 1 apresenta foto de amostra e microscopia óptica das fibras, com grande uniformidade do fio.

Figura .1 - (a) amostra do feltro e (b) e (c) microscopia das fibras.



Fonte: laboratório microscopia da USP.

Um possível sistema para comparação é o proposto por (Santos 2013), que em estudos anteriores usou nano fibras e deposição por via seca de TEOS para melhorar limite de detecção de VOCs. A Figura 2 apresenta fotos destas nano fibras.

Figura 2 – nano fibras (a)antes e (b)após exposição ao plasma HMDS (SANTOS2013)

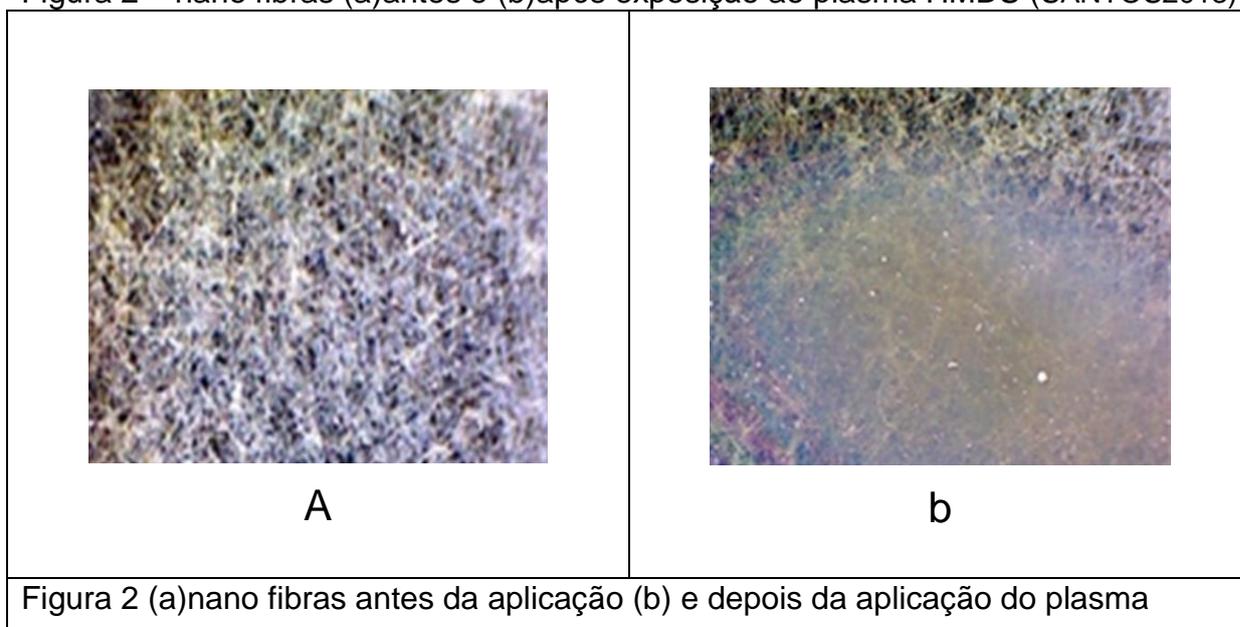


Figura 2 (a)nano fibras antes da aplicação (b) e depois da aplicação do plasma

Fonte: laboratório de dispositivos da FATEC.

Um modo simples de verificar se as fibras sofreram modificações é pelo uso do ângulo de contato. Essa técnica é simples e corresponde à adição na superfície sob análise de pequena gota de líquido, água para testar caráter hidrofílico ou produtos orgânicos para caráter organofílico etc. Segundo Hernandez (2012), porém, apresenta muitas vantagens, porque traz informações necessárias sobre uma série de fenômenos. No presente caso, a análise será bastante subjetiva, contudo, devido ao caráter rugoso da superfície sob análise, portanto, não se desenvolveu nenhuma técnica ou equipamento especial para essa medida. Assim, o teste consistiu em observação visual da interação da gota com a superfície.

O uso de organo-silano para modificação superficial, historicamente, apresenta inúmeras razões, desde facilidade de aquisição, compostos ambientalmente corretos, produção de novos materiais etc. (HERNANDEZ, 2012; SILVA^d, 2010). Além disso, em termos de facilidade de produção, custo e escala o TEOS (tetraetilortossilicato) se destaca. Normalmente, a modificação da superfície

por via úmida exige apenas a inserção da amostra em recipiente com o reagente. Os produtos obtidos, de acordo com a superfície usada, podem ir de dispositivo sensível a umidade até aumento de germinação de sementes sob estocagem ou mesmo em campo (CARVALHO et al 2005).

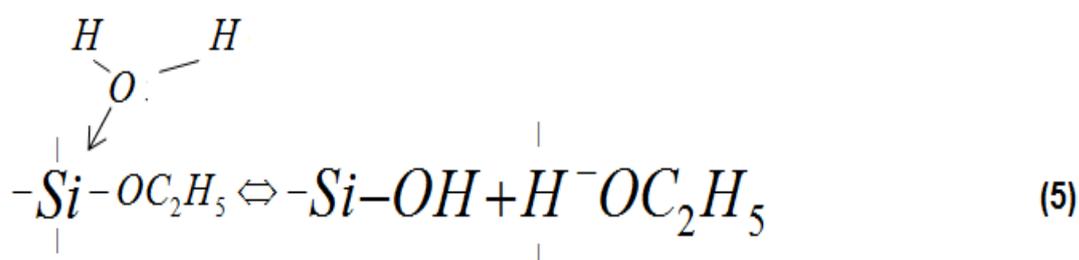
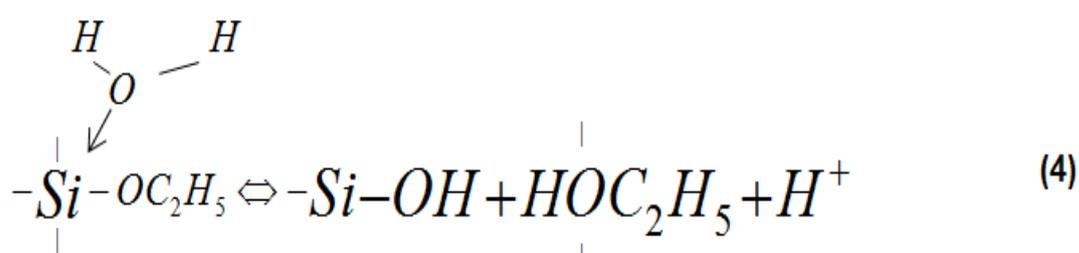
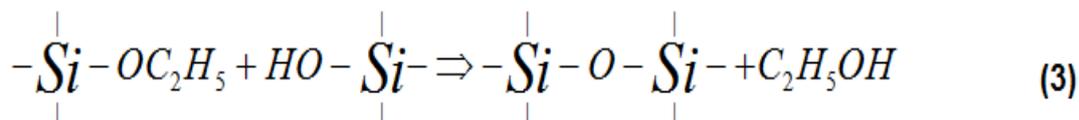
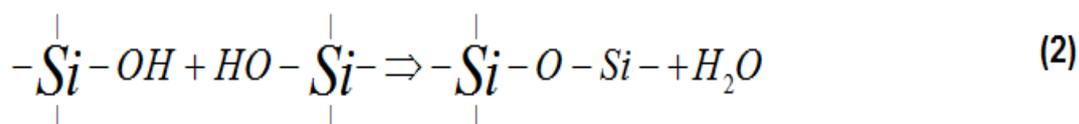
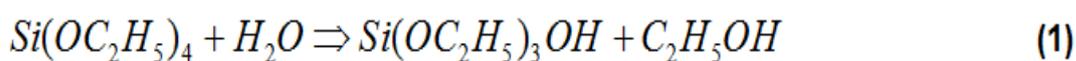
Muito embora filmes a partir de tetraetilortossilicato e via seca de produção são muito utilizados em processos de microeletrônica para obtenção de óxido de silício (CARDOSO, 1997; SILVA^e, et al 2000; HERNANDEZ, 2012), sua maior função é por via úmida para obtenção de colunas cromatográficas e vidros especiais (NARDI, 2010) (SMITH, et al 1982) (FOLLWEILER, e SHAERMA 1984).

Para as colunas empacotadas, em cromatografia, costuma fornecer bom número de pratos teóricos, ou seja, possibilita boa interação do fluido com a superfície. Sua produção é por sol-gel (HERNANDEZ, 2012) devido ao baixo custo de processamento, geralmente em temperatura ambiente e com obtenção de grande variedade de propriedades nos produtos formados, de acordo com a composição dos reagentes, contudo, o resultado obtido, em geral são materiais porosos e/ou heterogêneos (NWAOGU, 2011; WONG 2009; JAGUR-GRODZINKI, 2007; PEIGHAMBARDUST, et al 2010) além da biocompatibilidade (WEN, et al 2010, TENG, et al 2011, SAHA, 2013; TOSKAS, et al 2011).

As duas principais questões problemas que se apresentam ao aluno são: 1) como ocorre a reação TEOS/superfície e 2) como o conjunto reator/microfibra modificada se comporta.

O TEOS forma, em temperatura ambiente por processo sol-gel, sílica (RIBEIRO 2013) segundo as reações gerais (1-3), ou seja, a hidrólise (1) gera silanol (SiOH) que, então, sofre condensação (2), gerando Si-O-Si (sílica). Essa reação também pode gerar álcool, C_2H_5OH , (3) e o início do processo (reação 1) pode ser catalisado por ácidos (4) e bases (5). Portanto, a hidrólise é bastante dependente do pH; para $pH < 2$, a hidrólise é completa e irreversível, para $2 < pH < 7$, o aumento do pH aumenta a velocidade de condensação e pH 13 propicia elevada velocidade de reação. A adição de água aumenta a velocidade da reação.

Tabela 1 etapas da reação



Nas microfibras, é provável se obter pela adição de TEOS, com ou sem adição de ácidos ou bases, a sílica, mas com velocidades de reação diferentes dependendo das adições. Essa sílica provavelmente também é adsorvente porque não terá a remoção de todos os radicais etoxi (C_2H_5O). Assim, espera-se um sistema complexo e que o aluno possa compreender seus principais parâmetros.

Assim, as principais etapas do trabalho desenvolvidas pelo aluno foram:

1. obtenção de microfibras modificada;
2. caracterização do material;
3. uso na fabricação de colunas;
4. avaliação das colunas;
5. avaliação do aluno e dos respectivos professores de todas as etapas. Anexo D apresenta os principais resultados dessa avaliação.

Quanto à obtenção das microfibras, têm-se as seguintes etapas:

- Cortar amostra (20 mm x 4 mm, espessura aproximada de 1 mm) de microfibras na forma de feltro e pesar;
- acondicionar as tiras em recipiente de poliestireno com tampa, aspergir com 0,01 ml de TEOS, usando seringa descartável;
- adicionar, usando seringa descartável, 1 ml de HCl concentrado (meio ácido) ou NH_4OH (meio básico) concentrado em região distante das fibras e fechar o recipiente (o uso desse reagente é por serem voláteis, ou seja, reação com TEOS) e tampar;
- controlar a massa de TEOS por pesagem em balança analítica após o tempo de reação.

Portanto, um parâmetro muito importante é o tempo de reação, que nesse caso foi estimado em 90 minutos por observação das fibras por microscopia óptica. A figura 5.19 apresenta os materiais usados na confecção e a respectiva coluna.

Figura 3 - materiais usados na confecção da coluna.



Fonte: autor

A tabela .3 apresenta valores típicos do tratamento das microfibras.

Tabela .3 - condições de tratamento da amostra de fibras de carbono.

tipos de amostra	massa das fibras (mg) aproximado	massa de TEOS (mg) aproximado	MTEOS/ Mfibra
Sem tratamento	7,05	-	
Adição de TEOS	5,88	75,10	13,8
TEOS e meio ácido	7,06	97,57	14,8
TEOS e meio básico	6,15	102	17,6

Fonte: autor

De modo geral, o bom aumento na massa, da ordem de 6 mg, indica que houve boa interação entre TEOS, reforçado pela não observação da existência de líquido sobre a amostra e a fibra, e o aluno não mostrou dificuldade de seguir/desenvolver tais procedimentos.

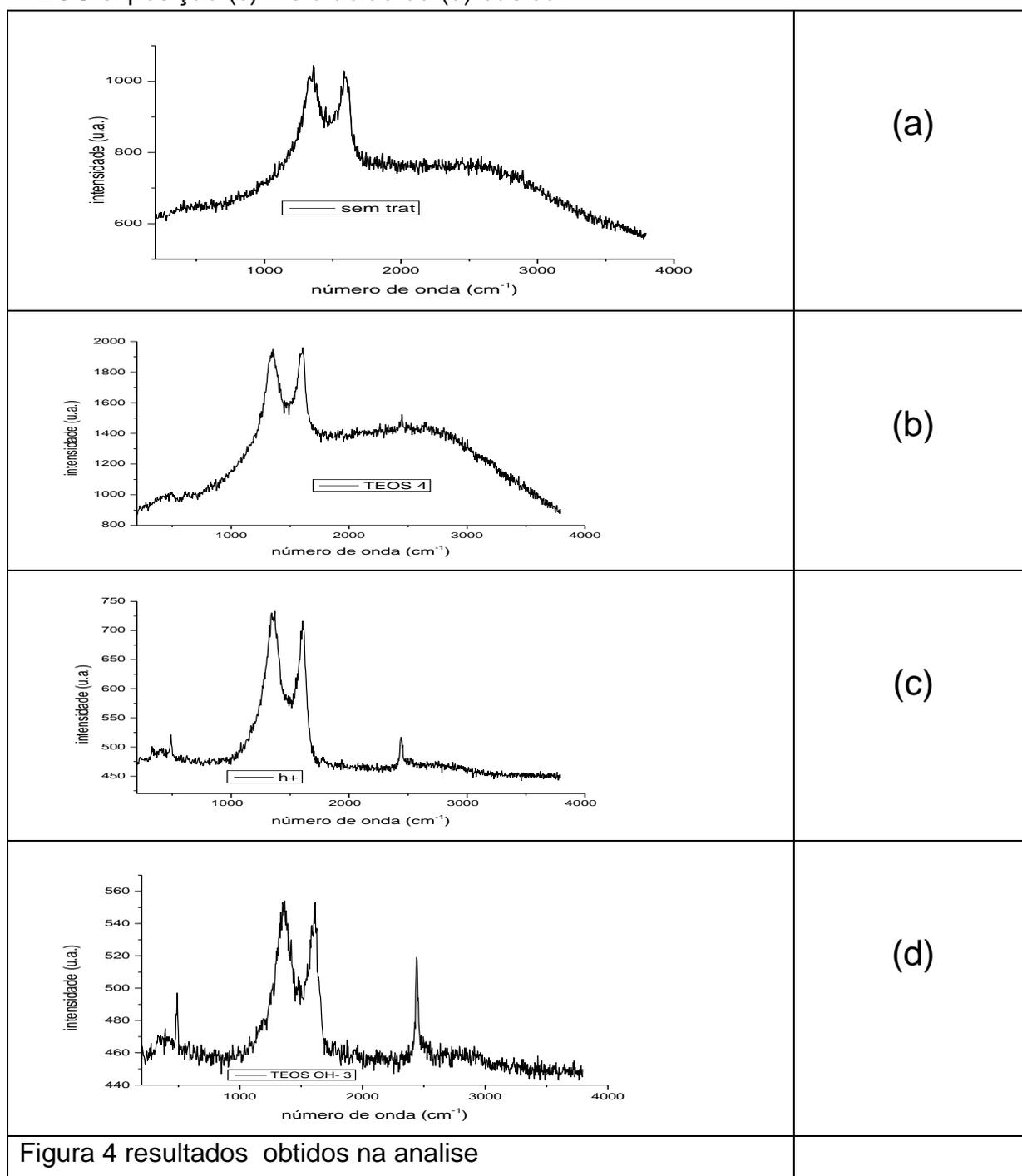
Quanto à caracterização do material:

A caracterização da existência de compostos orgânicos pode ser feita pela espectroscopia Raman, e, no caso de carbono, por este ser apolar, costuma apresentar alta sensibilidade. Além disso, se a análise for por microscopia, além de fornecer a aparência da amostra (microscópio óptico), permite escolher o local de análise.

A figura 4 apresenta resultados típicos. A fibra sem tratamento (figura 4a) indica carbono amorfo, na região de 1300-1600 cm^{-1} ; a adição de TEOS (figura 4b) favorece o aparecimento de banda em 2400 cm^{-1} e na região 480 cm^{-1} - 600 cm^{-1} . A possível explicação para a banda em 2400 cm^{-1} , no limite de detecção (ABE 2014) é a banda G', como a do grafeno, ou seja, a reação na superfície provavelmente diminui a simetria, e a banda em 450 cm^{-1} pode advir da formação de Si-O-Si na reação de TEOS, 600 cm^{-1} pode ser devido à presença C-O. Meios ácido e básico (figura 4c e figura 4d) revelam as mesmas bandas anteriormente descritas,

ou seja, as reações de hidrólise ocorreram. No meio básico, a banda em 2400 cm^{-1} , bastante intensa, pode também decorrer da presença de NH (EREMETS et al 2004).

Figura 4 - resultados típicos das fibras (a) sem tratamento, (b) após aspersão de TEOS exposição (c) meio ácido ou (d) básico.

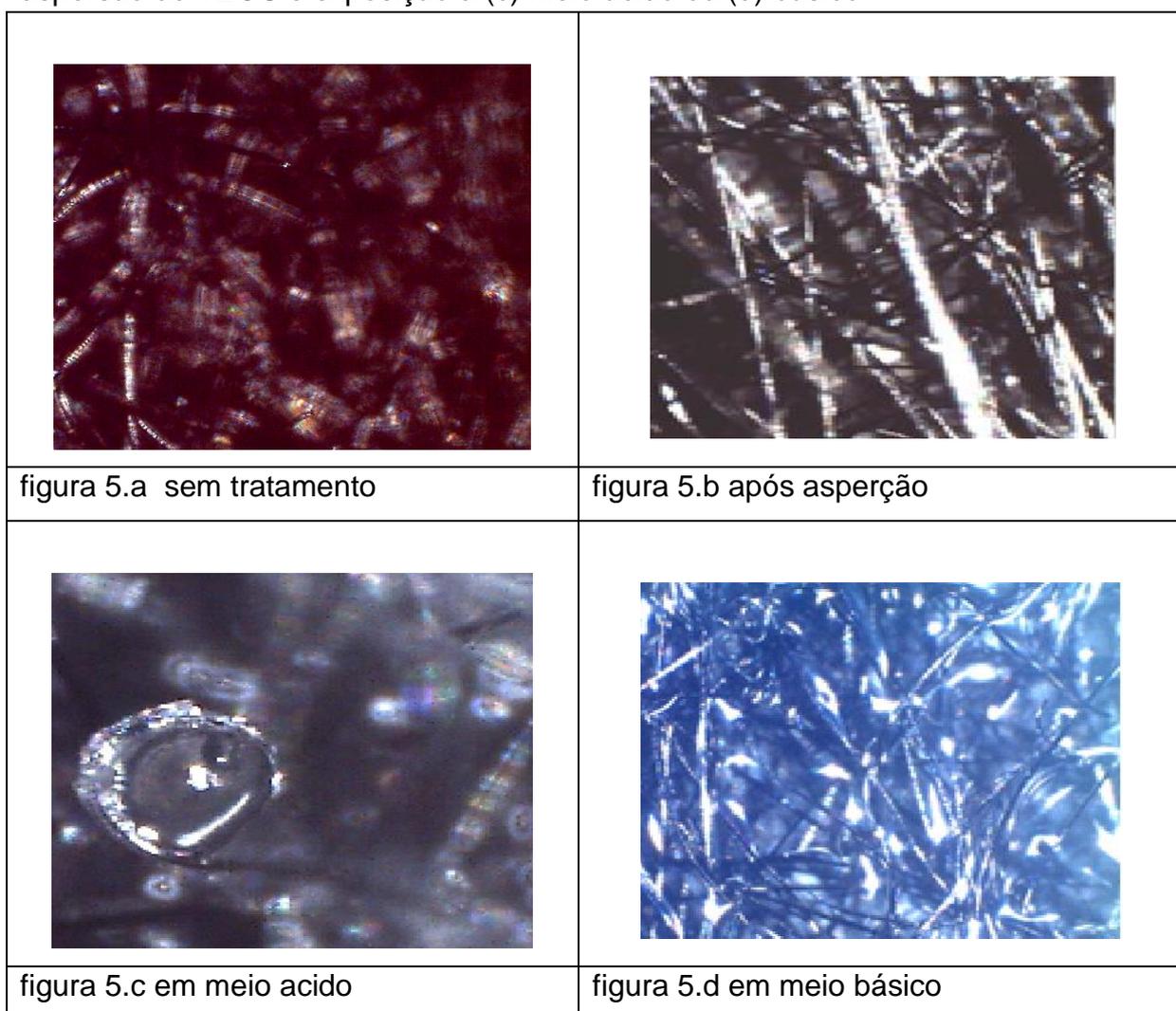


Fonte: autor

Quanto à microscopia óptica (Figura 5), apresenta imagens da aparência das fibras, obtida antes e após o tratamento com TEOS e meio ácido ou

básico. Amostra sem tratamento (figura 5.a) tem-se fibras aleatórias, mas com diâmetro constante, TEOS (figura 5.b) pode ter orientado as fibras, mas não se observa presença de líquido, provavelmente ocorrendo adsorção, vapor de ácido clorídrico (figura 5.c) facilita a formação de gotas, com tamanhos variados entre 20 e 200 μm , o que é indica reações ocorrendo e formando os aglomerados, em meio básico, por adição de NH_4OH (figura 5.d), percebe-se formação de filme líquido, bem distribuído entre as fibras, o que também indica ter ocorrido reações. O aluno fez uma avaliação consistente destes resultados, concluindo que o TEOS “molha” a amostra. As fotos foram tiradas com 200 μm .

Figura 5. – Microscopia óptica das microfibras: (a) sem tratamento, (b) após aspersão de TEOS e exposição a (c) meio ácido ou (d) básico.



Fonte: laboratório de microscopia da USP

Quanto ao uso na fabricação de colunas:

A fabricação das colunas não apresenta dificuldades, como pode ser observada na figura 6, correspondendo a adição da amostra ao corpo do capilar e selagem com conexão de material médico (Hartmman®).

Figura 6 - coluna e terminais.

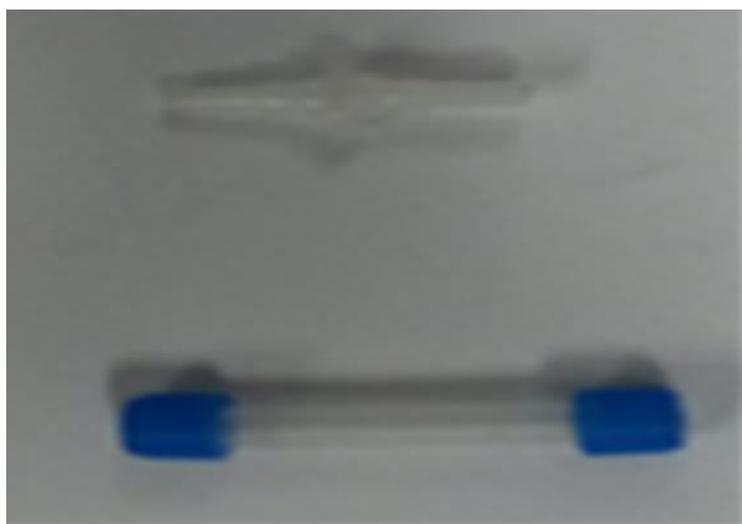


Figura 6 coluna e terminais

Fonte: autor

Quanto à avaliação das colunas.

A mudança na superfície pode ser verificada analisando-se a mudança na adsorção das fibras se inseridas na coluna. Os testes utilizaram equipamento (PICHI, 2011) com sensores idênticos aos presentes nesse trabalho, TGS 2620. A figura 7 apresenta um conjunto de resultados que indica que 2-propanol é retido em fibras que foram tratadas com TEOS e meio ácido ou básico. Os gráficos apresentados foram feitos com os reatores acima descritos.

Figura 7 - conjunto de resultados da inserção de isopropanol em mini reatores.

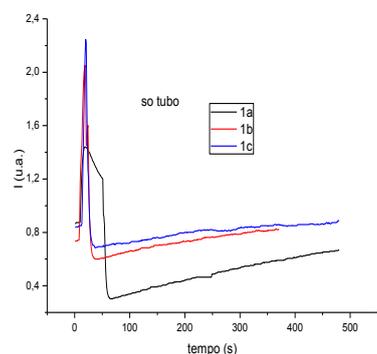


Figura 7a apenas tubo de silicone

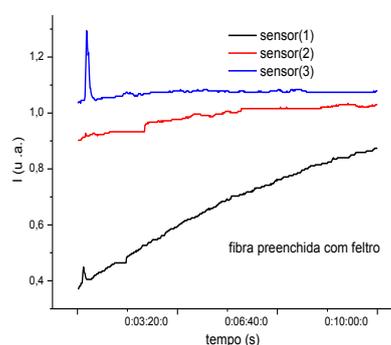


Figura 7b mini reator preenchido com feltro

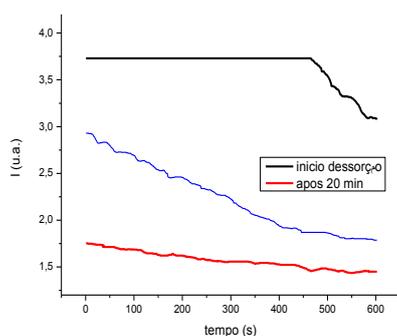


Figura 7c mini reator preenchido com feltro aspergido com TEOS e passagem de ar

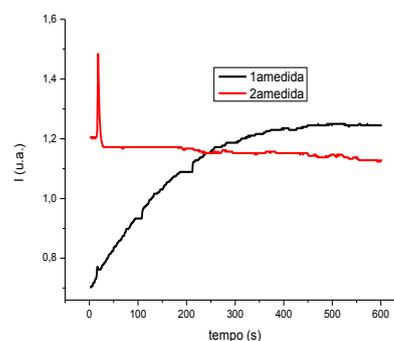


Figura 7d mini reator preenchido com feltro aspergido com TEOS e inserção de 2-propanol

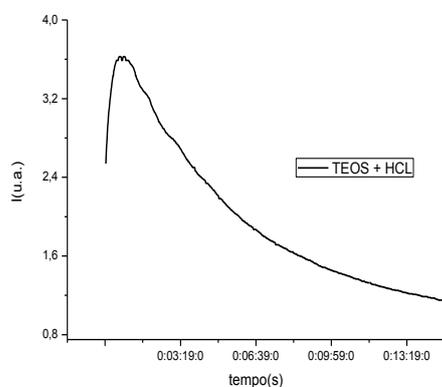


Figura 7e mini reator preenchido com feltro aspergido com TEOS e HCl e passagem de ar

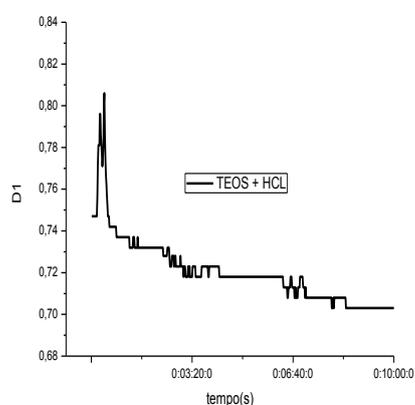
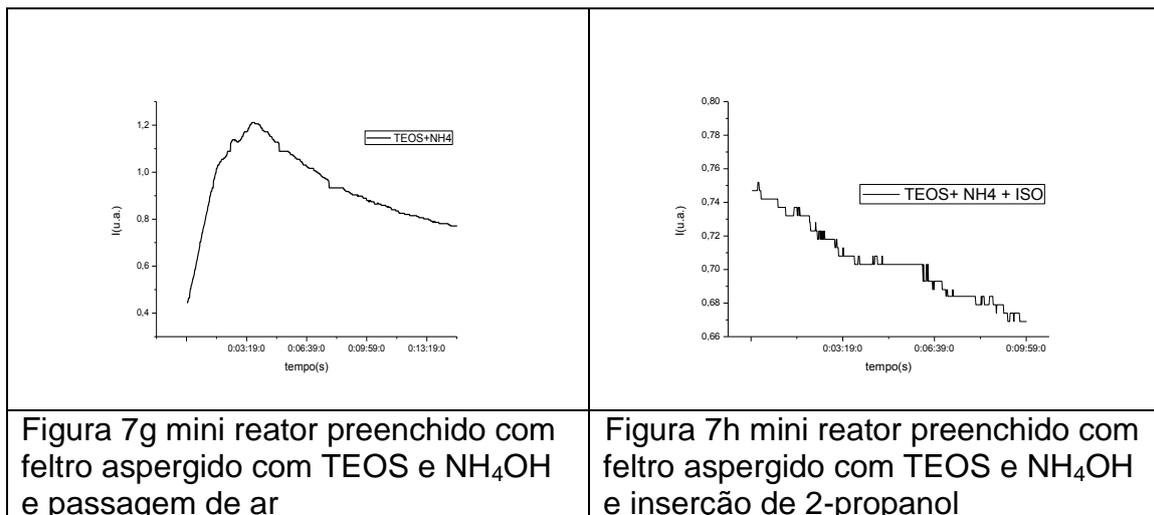


Figura 7f Mini reator preenchido com feltro aspergido com TEOS e HCl e inserção de 2-propanol



Fonte: autor

Anexo C

SEMANA DE TECNOLOGIA FATECSP

São Paulo, 18 de novembro de 2015.

Quatro estudantes, do curso de Meio Ambiente do 3º terceiro semestre da ETEC de São Paulo, participaram da Semana da Tecnologia da FATECSP, realizada entre 19/10/2015 e 23/10/2015 com o projeto de “medição de contaminação em ambientes”, que seria seu TCC.

Durante cerca de três meses, os alunos tiveram que realizar diversas atividades tais como: equipamento, medições, poluentes, análise de gráficos, e conclusões.

Durante o evento, os alunos se revezaram no *stand* e tiveram de explicar a vários professores/visitantes o seu trabalho; como ele foi elaborado, funcionamento, abordagem dentre outros, e, por fim, a conclusão.

Durante o processo de aprendizagem, eles apresentaram interesse em seus propósitos, os quais foram classificados como nível bom.

Naicir R. Bechara
Coordenadora do curso de Meio Ambiente

Anexo D - entrevista

Anexo D 1 - NARRATIVA

Essa narração é um item da parte experimental do doutorado.

De posse de todas partes de peças desenhadas e testadas uma a uma, e, em conjunto, testou-se a utilização dessas controladas em uma sala de aula de um curso superior estabelecido.

Nesse caso, o curso escolhido tem cerca de 20 anos, é de tecnologia, e a disciplina em questão, uma disciplina específica do segundo semestre, e que leva ao aluno utilizar conceitos comuns no mercado que deve atuar, que é o eletroeletrônico.

Como ele deve atuar no mercado de eletroeletrônicos, ele deve estar bastante familiarizado com a parte final da instrumentação descrita nesse trabalho, que é os sensores (que são aquisição de dados), além disso, ele também é familiarizado, porém, ainda não completamente, na disciplina, como citada anteriormente, a primeira a abordar os temas, ele também é familiarizado com ideias de miniaturização e fabricação no setor de eletroeletrônicos.

Como ele tem que ter noção de fabricação, tem condições de entender processos químicos que dependem de fluxo contínuo.

Por fim, nesse curso, existe uma outra disciplina que trata de técnicas de análises químicas, que é dada no mesmo semestre, portanto, pode servir de *background*, como pré-conhecimento para os testes deles, muito embora não tenha sido declaradamente dentro do experimento informado de que conhecimentos prévios da disciplina de análise seriam utilizados.

Anexo D2 - Entrevista

Professora

Hoje, dia 16/01/15

Esta é a fase 3 de um teste de equipamentos e ideias dentro da pesquisa de novos equipamentos para ensino. Temos um aluno de graduação que já passou por duas fases e escreveu sobre isso. Nós pedimos a ele que, em 24 horas, desse explicações do viu em termos de gráficos e voltasse com essa explicação. Então, essa técnica é chamada entrevista não estruturada, que vem ser isso: Nós estamos fazendo uma entrevista, mas não temos perguntas previamente para você, e você tem o direito de responder ou interferir a hora que quiser, diferente da fase I e II, em você tinha de ser intuitivo, aqui você precisa ser interativo. O que você quiser perguntar ou não, ou discordar etc., sinta-se à vontade. A única missão que tivemos em 24 horas é entender os gráficos, conta para gente por favor;

I- Como você fez para estudar,

II- qual a conclusão e

III e qual o grau de dificuldade que você sentiu?

Previamente já explicamos, a gente não temos todas as informações, por quê?

Porque queremos desenvolver equipamentos, que as pessoas possam “brincar com eles”, no sentido científico do termo: possam fazer pesquisa, possam ter dúvidas, por isso você não teve um número de informações, não é como um experimento clássico de laboratório, que a pessoa já sabe que tem de medir a gota do Milekem ou o G da gravidade de Newton.

Aluno 2 02

Certo. Referente ao projeto, um principal objetivo era analisar se o gás que a gente estava inserindo com a seringa, ele era adsorvido ou não.

Então o primeiro passo que eu fiz foi ter certeza do conceito de adsorção.

Tanto que eu fui em um site normal, por exemplo o Wikipédia, e retirei esta definição que eu vou estar lendo, que “adsorção é a adesão de moléculas de um fluido”, no caso seria o adsorvido, “a uma superfície, que não seria o nosso adsorvente”.

E conforme a gente foi fazendo o experimento e o professor, no caso, passou... a gente passou por um treinamento, ele explicou muito bem.

A gente... tanto que depois eu consegui reproduzir sozinho e achei fácil de reproduzir.

O que eu pude analisar com os gráficos é que primeiro a gente coletava os dados e conseguia montar um gráfico de intensidade referente ao tempo.

Referente, nesses gráficos, eu pude ver que aquele aplicativo, ele tinha um nome que chamava “Controlador de Emissão de Gás”, então eu olhava... a primeira vez, assim, que eu olhei o gráfico eu fiquei em dúvida, mas eu comecei a pensar e cheguei a uma conclusão, que eu não sei se está realmente correta, mas em primeira instância eu acho que seria isso.

Conforme eu pude analisar nos gráficos, eu pude ver que conforme... a gente tem umas linhas que conforme a gente inseria o gás, dependendo do tempo, a gente tinha um pico.

Esse pico determinava que era... que a gente estava inserindo o gás.

Aí conforme a gente ia inserindo esse gás, ele aumentava.

Aí o comportamento... que como o gás era jogado na fibra, a gente via... dependendo se continuava com a linha mais reta, a gente sabia se adsorvia ou não.

Aí então a gente fez com uma fibra sem tratamento, uma fita por modificação de TEOS em meio ácido, uma modificação por TEOS em meio básico e só uma modificação por TEOS.

Eu andei lendo, assim, que conforme a gente usa uma fibra e a gente coloca o TEOS, o comportamento é bem parecido.

Então eu fui analisar primeiramente os gráficos, que a gente fez, no caso, três séries de medidas com 20 ml de gás isopropanol, e conforme eu pude verificar, para as primeiras medidas, tanto para as outras séries que a gente fez para reproduzir, teve uns que foram bem parecidos.

As diferenças que ocorreram eu acho que pode ser ou por erro do operador, que no caso era eu mesmo, ou por causa (que a gente tem), na hora que estava fazendo a limpeza também, na hora que a gente fez a limpeza, a gente percebe tem um pouquinho uma melhora sim, do gráfico.

Professora

Por melhoras, você quer dizer, fica parecido com a anterior?

Aluno

Sim, ele fica mais parecido, fica mais fácil de ser reproduzido melhor, com o referente ao anterior.

Teve um primeiro caso, que é esse caso, no caso sem tratamento, que a gente viu, que as primeiras curvas são bem parecidas.

Na terceira, a gente viu que ela começa bem diferente, ela tem uma caída.

Aí, eu pensei como deu diferente... (sem conclusão da frase).

É a primeira que tá meio de frente, né, caso se conforme... (sem conclusão de frase).

Deve ser sido porque não tinha limpado.

Aí referente às outras, a gente vê que dá bem parecida, então a sem tratamento, a gente pode ver que é bem parecido no gráfico.

Professora

Acredita que é reprodutivo?

Aluno

Bem reprodutivo.

Agora a modificação por TEOS em meio ácido, (a primeira também pode), eu acho que pode ter sido o problema do sensor, que pode ter sido saturado aqui, ou também na primeira medição, ou também por causa da limpeza, que não tinha sido feita, mas conforme a gente vê, tem dois gráficos.

Mas, segundo a reprodução, a gente percebe também que tem uma subida e uma caída, que é o que eu acho de ter acontecido do sensor ter saturado.

Que também aparece no terceiro, na terceira também.

Não acho que na terceira a gente tem uma que é bem (não termina a frase).

A primeira medição, ela tem vários picos, que eu acho que é bem provável, que tenha acontecido um erro de medida.

Agora referente aos outros dois, modificação por TEOs, em meio básico, a gente pode ver, que referente à primeira, são até que bem parecidos.

Dá até para reproduzir, só que algumas, no caso na terceira medida a gente viu, que é bem parecida com a segunda.

No caso a primeira, portanto primeira, na segunda medição e na terceira são bem iguais, e na primeira medição deu um pouco diferente.

Aí, eu estava tentando explicar, porque nesse caso, eu sei que a gente não fez a limpeza também.

Porque a gente só reproduziu com a limpeza, na última medida, e mesmo assim a gente viu que ficou parecida com a segunda medida.

Então eu pensei que poderia ter no caso, que ele estava adsorvendo mais.

Eu achei que por meio básico, ele pode estar adsorvendo, e por meio ácido ele também parecia ser adsorvente, referente a esses gráficos.

O sem tratamento, a gente consegue ver que ele consegue adsorver por determinado tempo.

Eu acho que é mais isso.

Professora

Você procurou alguma informação sobre o TEOS como reagente?

Aluno

A única coisa que eu vi mesmo.

Professora

Você procurou sobre adsorção, você procurou sobre TEOS?

Aluno

O TEOs que eu procurei mais foi o que a gente tinha escrito no trabalho.

Professora

Eu quero saber, você tinha 24 horas para achar a explicação, você disse que procurou coisas na rede.

Aluno

Sim eu até trouxe.

Professora

Foi de adsorção, procurou alguma coisa sobre TEOS?

Aluno

Procurei algumas coisas.

Professora

E o que você achou?

Aluno

Bom, achei que é possível a gente conseguir.

Professora

O que você achou de informação?

Aluno

Ah, que eu achei, principalmente, que eu vi nos trabalhos, por exemplo.

Um trabalho que é com retenção de compostos orgânicos apolares em filme nanoporoso obtidos pela polimerização por plasma de TEOS.

Aí, eu fui analisar, porque eu também tinha feito uma etapa dessa por plasma também.

Eu analisei essa parte, e também um pouco de TEOS, que eu também cheguei a verificar também.

Foi no site da engenharia da Química Verde (...), que era um desafio também fazer a deposição também por TEOS, apesar de ele ser um gás bem conhecido.

Mas, o que eu peguei mesmo, foi mais curiosidade sobre o TEOS (inelegível).

Professora

Você não tentou ver nenhuma das reações do TEOS?

Aluno

Inelegível.

Professora

Você não tentou ver nessas 24 horas nada sobre possíveis reações do TEOS?

Aluno

A única (...) não, não cheguei a ver, eu só lembro que com o TEOS, a gente poderia fazer (Não termina a frase), a produzir óxidos de silícios, se eu não me engano, que a gente usava (inelegível).

Professora

Entendi, você tem um conhecimento claro de TEOS, nas 24 horas que a gente deu pra você, você não procurou nada de reação de TEOS?

Aluno

Não cheguei a procurar.

Professora

E não procurou nada sobre reações de Teos?

Desculpe, mas foi propriedades do TEOS líquido, não por plasma.

Aluno

Líquido não, só cheguei a procurar mais esse.

Professora

Então é o seguinte a gente vai te dar....

Anexo D3 Entrevista I

Regravando a segunda parte da entrevista

Professora:

Então é o seguinte, como você não se preocupou com reações, nós vamos te informar alguma coisa sobre tensões de TEOS e te dar o tempo que você quiser, você só vai ter que dizer pra gente o tempo que você gastou depois.

Mas o tempo que você quiser para reolhar os gráficos e ver se com a informação sobre reações de TEOS, você melhora ou não a compreensão do gráfico, ok?

Então vamos lá, a molécula do TEOS I tem essa fórmula aqui, ela tem um silício, tem oxigênio, tem um CH₂ e um CH₃,isso se repete 4 vezes. O CH₂ e OCH₃, porque todo silício faz 4 ligações.

Na hora que eu deixo HCl no mesmo recipiente em que eu coloquei o TEOS, o que pode acontecer, pode evaporar, vai evaporar, e que esse H⁺ pode fazer, ele pode reagir com o oxigênio para formar o OH, ou seja, para formar algo.

Álcool pode ser problema no seu (detector), isso você tem que pensar, isso a gente não responde pra você, certo, só que se ele perder a ligação, ele vai ter que refazer esse ligação () 1' 38

por aqui, aonde ele vai pegar o outro silício, não outra molécula de TEOS, assim sucessivamente.

Se eu tiver o mesmo conjunto de dados, agora com o OH⁻, o oxigênio vai se interessar pelo silício, mas o problema vai ser parecido, porque se um oxigênio entra, o outro tem que sair, ele vai precisar de um hidrogênio para sair e formar um álcool e vai ter que formar a ligação SOSI.

Então de novo, você tem que pensar, se esse álcool saindo dessa mistura que você fez na sua vida é importante ou não.

E a terceira coisa, você tem que pensar, que a molécula de TEOS, que você jogou lá dentro, tá no ambiente, no ambiente tem um monte de coisas, inclusive água, e que

você tá passando isopropanol ou dois propanol, que a fórmula essa, que eu estou descrevendo aqui.

E aí, você tem que pensar se isso é importante, ou se isso pode dar algum rolo, alguma variação nas suas medidas.

Pensando nisso, você volta e diz pra gente, o que você achou, ok?

E o tempo que você gastou, para chegar a alguma conclusão.

Não estamos procurando saber o certo ou errado, e sim ver se vale a pena te dar esse problema para resolver.

Aluno

Certo.

professora:

Obrigada.

Anexo D4 entrevista 3

Professora:

Então nós vamos para a terceira fase da mesma entrevista, agora você teve um tempinho para pensar em que nós falamos, então quais foram suas conclusões?

Aluno:

Pesquisei referente às reações com o TEOS, e pude ver que tem a ver com uma reação chamada Solgel.

Professora:

Com isso você acha que você consegue explicar esses gráficos?

Aluno:

Através das reações, dá pra ter mais ou menos um pouco de noção.

Professora:

Como é que você explicaria, genericamente, esses gráficos?

Aluno:

Pegando anotações feitas no caderno.

Aqui, no caso, eu pude ver algumas reações, né, que até anotei.

No caso no processo Solgel, as reações gerais dos TEOS na formação de partículas de óxidos de silício, aí aqui tá a molécula do TEOS quando tá com H₂O, ela faz uma hidrólise, e ela tem um Silanol que ele fala, mais. C₂H₅H.

Eu pesquisei mais as reações mesmo, e a hidrólise do TEOS na fórmula dos Silanóis, conforme está aqui representado, também tem a reação de condensação da água, que tem esses 2 silanóis e também tem a condensação do álcool, né, que eles criam pontes de siloxanos, que eu pude dar uma olhada, aí até pude tentar analisar essas equações.

E na reação de hidrólise e a reação de condensação eu vi também que ela poderia ocorrer sem a presença de catalisadores.

Só que quando a gente coloca os catalisadores, ele vai melhorar o rendimento da reação.

E no caso, além de você poder fazer por precursores de solventes, a gente poderia fazer pelo PH, que se for pelo PH básico, que normalmente a gente usa o hidróxido de amônio.

Ele pode estar num PH aproximadamente igual a 13, e num PH na catálise ácida, quanto maior o PH entre 2 e 7, ele provoca um aumento na velocidade de reação.

Eu estava pesquisando assim, que ele chegou à conclusão que é possível modificar a estrutura e as propriedades, não só se alterando o PH, mas também se modificando os precursores de solventes.

Que no caso seria isso, a gente tá colocando o álcool ou inserindo também.

Ele fez uma conclusão, isso aqui veio de uma tese.

Quando se trabalha em condições ácidas o grupo álcool-óxido é atacado mais rapidamente pelo próton H^+ , tal como demonstrado aqui nessa equação 2A, e isso faz com que o átomo se torne suscetível ao ataque no núcleo do íon hidroxila que está presente na água, ele forma um composto intermediário que pode também formar o silanol, o álcool e o H^+ como tem aqui na 2B.

E o uso de catalisador básico, ele faz com que a hidrólise pode ser completa e irreversível e que a (ente) 4'50 pode ter a fórmula lenta ou ela pode ser mais rápida, isso vai depender do PH também.

E em condições básicas, o ion hidróxido ou ele ataca o átomo de silício, ele forma complexos intermediários, e ao final ele se decompõe, que ele forma o silanol, como tá representado aqui nesta equação.

Professora:

Então você me diria, que um jeito de explicar esse monte de gráficos seria supondo que eu tenho um reator e não uma coluna (como tá no gráfico).

Você acha que pode estar ocorrendo uma reação agora?

Aluno:

Eu acho que sim.

Professora:

Uma última perguntinha:

Estou agora pensando num dispositivo, pra gente, esse dispositivo é algo que tem uma função.

Então uma estrutura miniaturizada pode ser parte de um dispositivo.

Esse dispositivo pode ser portátil ou pode ser completamente miniaturizado.

Você tem medidor de diabete, você tem o portátil e você tem o não portátil, você tem a haste que mede o valor e algo em você pode se basear. Pensando no conjunto que você viu montado, que parte você acha que é a mais importante?

Aluno:

Como a gente tava tentando estudar, para ver se ele era adsorvente ou não, e a gente tava inserindo o álcool, eu acho que a gente testou, como ele pega compostos voláteis orgânicos.

Eu acho que a parte da inserção, com a parte da seringa é importante.

Professora:

Você não dá valor pras colunas?

Aluno:

É onde você tá inserindo, também né, é onde tá saindo fluxo, né, que tá inserindo na amostra.

Professora:

Obrigada.

Anexo D5

Follow up

Professora:

Então, nós explicamos pro aluno colaborador, que tinha uma parte extremamente relevante, que essa parte era o reator ou a coluna e perguntamos, por que que ele não prestou atenção nela.

Ele disse que realmente não prestou atenção, lembrou de tudo, menos dela, mas não sabe intuitivamente porque não prestou atenção.

Aluno:

Eu sei, mas nas medições mesmo, conforme a gente faz as medições, elas são muito importantes porque sem elas a gente não conseguiria injetar exatamente, que for pensar assim, porque ela que tá com a fibra e tá com o material que está sendo estudado em questão.

Se parar para pensar realmente, é que fui mais intuitivo, porque como eu pensei assim, ah eu queria ver se tava adsorvendo ou não, então na hora eu tava pensando que ao colocar o propanol, eu tava pensando assim, eu não pensei no material, eu pensei só naquele material, para ver se adsorvia ou não.

Professora:

Você pensou só no reagente, não no substrato.

Aluno:

Eu só pensei no reagente, eu pensei como ele já fosse a parte da máquina, entendeu assim.

E que eu não tivesse pensando nele, é só como a interação fosse mais injetar.

Eu pensei como fosse mesmo uma parte da máquina só.

Professora:

Você teria uma ideia como fazer contornar mais evidente, que ele é o coração do sistema.

Aluno:

É que é assim, é que eu como fui um pouco mais intuitivo, mas se eu for parar para pensar mesmo, realmente dá para perceber depois, só que você tem que parar para pensar, porque realmente sem ele você não teria como fazer a medição, isso é lógico também.

Agora que eu parei para pensar, sem ele você não teria onde injetar, seria praticamente você tá, onde você estaria colocando o propanol, praticamente.

É porque, é exatamente a coluna, né, seria a parte mais importante mesmo.

É que foi mais por impulso mesmo que eu falei

Professora:

Ok, obrigada.

Anexo E OPINIÃO

Prof. Eng. ARMANDO - chefe de departamento de mecânica da FATECSP

Primeiramente meus agradecimentos ao Prof. Armando

Pelas suas considerações e opiniões a respeito do protótipo

Entrevista realizada em 08/09 2016

Justificativa

Física mec. dos fluidos - Perda de carga através dos diâmetros do silicone e do comprimento.

Análise de gases - no comportamento de certos tipos de gases (aqui para estudantes VOCs), quando o mesmo se encontra no interior da coluna cromatográfica, com aquecimento e sem aquecimento.

Física - tempo de aceleração (saída do ar dentro da coluna – rampa de aceleração, por exemplo).

Pode ser usado para ilha de manufatura -- produção – onde o aluno produz seu equipamento - pode repetir várias vezes seu processo – produzindo assim a tendência (mais de três vezes) de comportamento

Para chegar a uma determinada conclusão

Dados registrados para posterior análise

Fabricação do *kit* simples barato, do qual os materiais podem ser encontrados nos lugares mais comuns, exemplos clips, pregador para escritórios.

Vista de uma fábrica de processos.

A grande vantagem – comporta até 10 pessoas simultaneamente com um único computador, virou um conjunto modular.

Considerações do Prof. Armando

Material bem simples, de fácil acesso no mercado.,

Coluna cromatográfica deve ser transparente para uma melhor visualização e ver o que é realmente uma coluna.

Protetor do sensor é usado atualmente um protetor de escova de dentes, talvez exista a dificuldade de encontrá-lo em regiões mais distantes (como região norte – nordeste).

Praticamente é só isso, cantoneira que recebe a coluna cromatográfica quente, deve ser mais alta para facilitar a circulação e ar e isolar a parte da base, o calor recebido pela coluna, com o tempo, pode causar problemas.

Do restante, está bem simples e visualmente para o aluno, e se tiver alguma alteração do experimento, é bem simples.

De resto não vejo mais modificações.

Grato

Prof. Armando

Isso ajuda bastante no meu processo, pois o Prof. Armando é especialista em materiais e isso torna mais rigorosa sua análise e sua opinião.

ANEXO F

ANEXO F1 - GRAVAÇÃO DIA 01/10/2015

Obs.: Aqui, a entrevista foi obtida na hora da execução do processo.

Tempo de aula: aproximadamente 2h30.

Tempo de horas filmagens, aproximadamente 1h40.

20151001 31001

Apresentação do *kit* que tem mesma coisa em sala de aula, a mesma simulação do que uma indústria química, só que miniaturizado, trabalhar de 8 a 10 pessoas.

20151001 32102

Apresentação do programa, funcionamento do mesmo, apresentação do sensor, quantidade de contaminante na agulha.

20151001 33238

Execução do processo, análise da temperatura.

20151001 35028

Verificando a característica do sensor continuando, a verificando a experiência.

20151001 35355

Analisando os dados.

20151001 35446

Fechando o programa, para início de um próximo ciclo.

20151001 35553

Mostrando os dados registrados no computador, e programando para nova experiência.

20151001 41 221

Interrompendo a amostragem, e fechando e abrindo o programa novamente.

FRASES DOS ALUNOS RETIRADAS DAS FILMAGENS

20151001_100657 Gabriel entrevista.mp4

Ver na prática como funciona os sensores, e como seria o processo na indústria.

20151001_103300 Gabriel entrevista.mp4

Ver a parte interna a simulação real na indústria.

Em relação à temperatura, foi a temperatura ambiente e com aquecimento, somente nos gráficos, vamos perceber a mudança.

20151001_103404 Alex .mp4

Kit didático interessante, simulação que estaria acontecendo na indústria, o que acontece em cada etapa, uma coisa pequena onde se vê todo o sistema.

Seria interessante fazer um trabalho em equipe (aqui vale lembrar uns estavam trabalhando com reatores quentes e outros com reatores em temperatura ambiente). Trabalhar todos em equipe ficaria melhor para controlar os dados, para obter uma precisão maior.

Comparar parâmetros

Foi colado para eles algumas ideias e aí vocês tiram a sua conclusão

O método é para os alunos descobrirem as coisas.

É um método melhor do que

Aprendeu mais, pois teve desenvolver ideias.

20151001_104046 Alex entrevista

Mostra cada etapa do processo.

Coisas relativamente simples.

20151001_105017 Alex entrevista

Experiência bem ilustrativa faz a gente observar os fenômenos físicos químicos, os efeitos da temperatura.

Funcionamento de cada componente, aplicação, protótipos de chão de fábrica.

Vantagens na aula deste tipo.

É melhor pois você vai precisar “tatear parra achar o caminho, melhor sem roteiro.

20151001_105245 aluno entrevista

Dá para entender o projeto, mas gostaria de uma apostila.

20151001_105437 aluno entrevista

Interessante, pois é barato e pode detectar alguns tipos de gases e mandar os dados do experimento para o computador, no levantamento a “quente e frio” diferença nos gráficos.

Prefere ter um roteiro ou não?

Prefiro sem roteiro.

Numa empresa o que aconteceria?

Sabendo dos parâmetros, poderia saber as respostas.

Outro aluno.

Numa empresa, não vai um roteiro, mas sim algumas ferramentas para lidar com uma situação.

Melhor sem roteiro, pois só se obtém resultados aqui foi despertado o pensamento, achei mais interessante.

20151001_111359 professora descrição equipamento

Descrição do equipamento

20151001_112044 professora descrição
Descrição de um item do equipamento.

20151001_112136 ensinando o processo
Ensinado processo de manufatura.

20151001_112428 questionando cada etapa
Aluno questiona obre sua própria dúvida e ele próprio aprendeu.

20151001_113000
Análise dos dados.

20151001_113321
Resultado e análise de resultados.

Palavras chave

Vale a pena.

Vista do processo industrial

Ganhar horas em aprendizado

Vista do produto final

Entender cada etapa do processo

Como funciona cada etapa do processo

Tem mais possibilidade de aprender

Agrega conhecimentos em processo industrial

Medidas de tempo

Análise dos dados aplicados

Mede em tempo real

Análise dos resultados

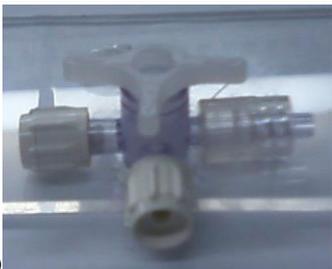
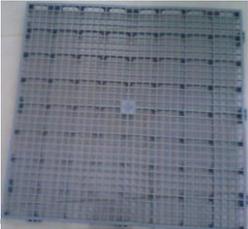
Ver o resultado final

ANEXO F2

Filmagens dias 18/01/2016 20/01/2016

Aqui a descrição é feita por um aluno de graduação, os componentes são ilustrativas para guiarem na descrição do aluno.

Componente/ peça

 <p>Foto</p>	 <p>Foto</p>	 <p>Foto</p>
Válvula de três vias	Coluna cromatográfica sem aquecimento	Coluna cromatográfica aquecida
	 <p>Foto</p>	
Compressor	Tubo de silicone	Base de fixação
 <p>Foto</p>		
Estrado (base)	Coletor de dados	Bolhometro
		
Base de madeira (suporte)	Tomadas	sensor

Filmagem dia 18 01 2016

Nome utilizado do dispositivo	Conceitos usados	Nomenclatura usada	Nomenclatura correta	Obs fimagem
Válvula de três vias	Sentido de fluxo (mecânica dos fluidos)	Gás injetado	Amostra a ser analisada	62136
Válvula de três vias		Da direita para esquerda da esquerda para direita	Em um sentido do fluxo	62450
Coluna cromatográfica		Sem aquecimento	Nomenclatura correta	62943
Coluna cromatográfica	Mecânica dos fluidos, Química (reações)	Ar passa pela coluna	A mistura se difunde ao longo da coluna	3001
Coluna cromatográfica	Mecânica dos fluidos, Química (reações)	Coluna com aquecimento	Coluna capilar aquecida	63118
Coluna cromatográfica	Mecânica dos fluidos transmissão de calor	Coluna com aquecimento	Coluna capilar aquecida	210
Sensor	Mecânica dos fluidos	sensor	Receber a mistura que vem da coluna cromatográfica	403
Compressor	Mecânica dos fluidos	Empurrar	Impelir o gás para dentro das colunas (para que haja a dissolução dentro da mesma)	714
Coletor de dados	Eletrônica	Analizador de dados	Coletor de dados, que transferira para o computador	837
Base de apoio		Base de polipropileno	Base de apoio	225
Bolhometro	Física	bolhometro	Pequena quantidade de água com	538

			detergente	
Segunda filmagem	No mesmo dia			
Válvula de três vias	Mecânica dos fluidos	Válvula da esquerda Válvula central	Entrada da esquerda recebera o gás de arraste, na posição central recebera a amostra a ser analisada através de um septo	3805
Válvula de três vias		Entrada a esquerda, entrada central	Indicação de saída da mistura dos gases	3853 melhor a descrição
Válvula de três vias		Indicação terminais na válvula	Indicação de passagem da válvula	
Coluna cromatográfica	Mecânica dos fluidos	Coluna cromatográfica fria	Coluna cromatográfica sem aquecimento	74239 Descrição ok
Coluna cromatográfica		Coluna cromatográfica quente	Coluna cromatográfica com aquecimento	74322 descrição não boa diferença entre elas falta mais coisas
Sensor	Eletrônica	Sensor	Evitar qualquer manuseio errado do operador e serve para fixação para receber a amostra a ser analisada	
Compressor	Elétrica/ mecânica dos fluidos	Compressor		74556 -- descrição correta
Compressor				74623 descrição correta
Coletor de dados	Eletrônica informática	Coletor de dados		74712 – descrição correta
Bolhometro	Física	Bolhometro	Formado por	74852

			ampolas de seringas onde é colocado uma pequena quantidade de água com sabão onde se desprende uma bolha de sabão e conforme seu deslocamento podemos identificar a sua velocidade	
--	--	--	--	--

Filmagem dia 20 01 16

Nome utilizado do dispositivo	Conceitos usados	Nomenclatura usada	Nomenclatura correta	Obs fimegem
Válvula de três vias	Mecânica dos fluidos			83844 descrição correta as setas indicam o fluxo de ar
Válvula de três vias	Mecânica dos fluidos		Chave em cima correto seria as setas em cima	83937 descrição correta
Coluna cromatográfica	Mecânica dos fluidos	Coluna cromatográfica fria	Coluna cromatográfica sem aquecimento – tipo capilar se mistura ao longo da coluna	84134
Coluna cromatográfica	Mecânica dos fluidos	Coluna cromatográfica fria	Coluna cromatográfica sem aquecimento	84233 descrição correta
Coluna cromatográfica			Coluna cromatográfica sem aquecimento se difunda	84354

			para todo o tubo capilar--	
Coluna cromatográfica		Coluna cromatográfica quente	Coluna cromatográfica com aquecimento aquecida por uma resistência que visa difundir o calor para toda a coluna	84901
Sensor	Eletrônica	Sensor		85316 descrição correta
Tubo de silicone	Ciência dos materiais	Tubo de silicone		85453 - descrição correta
Compressor de ar	Mecânica dos fluidos	Compressor de ar	Compressor de ar	85543 -- descrição correta
Coletor de dados	Eletrônica	Coletor de dados	Coletor de dados recebendo os provenientes dos sensores e serão enviados ao computador	85821
Bolhometro	Mecânica dos fluidos/ Física	Bolhometro	Bolhometro— bolha sobe no cilindro	90051 descrição errada cilindro
bolhometro	Mecânica dos fluidos/ Física	Bolhometro	Bolhometro— somente um pouco de água e sabão para fazer a bolha se deslocar ao longo da seringa	90245
Descrição do programa	Processamento de dados	Programa	programa	91033
Descrição do programa				91129 - <i>software</i> para adquirir os dados provenientes do coletor de dados

Base de polipropileno	Ciência dos materiais	Base se apoio	Base de popipropileno – serve para fixação e apoio dos itens que farão parte da experiência	91646
Base de polipropileno				91721 idem ao anterior
Coluna cromatográfica	Física	Coluna cromatográfica fria	Coluna cromatográfica sem aquecimento	
Coluna cromatográfica	Química	Coluna cromatográfica quente	Coluna cromatográfica aquecida	

Script

Válvula de três vias

São válvulas de uso de uso hospitalar e podem ser encontradas em casas de material hospitalar.

São constituídas de três sentidos de fluxo do gás, desenhados em seu componente. Em uma de suas entradas encontramos um septo, onde será introduzido a amostra de gás, através de uma seringa, que será misturado com o gás de arraste, a válvula ainda permite o controle o controle de fluxo de abertura de gás feito manualmente.

Coluna cromatográfica sem aquecimento

Feito através de um bastão de matéria enrolada sobre um tubo de silicone, cujo diâmetro depende da espessura do tubo de silicone. O revestimento durex colorido somente serve para indicar o diâmetro do tubo de silicone.

Coluna cromatográfica aquecida

Montada sobre um quadrado de aço inoxidável, que serve para reter o calor, contém internamente uma base com uma haste de cobre onde o tubo de silicone é enrolado a fim de captar o calor.

Base de fixação das colunas

Feita de material tipo PVC com fixação na base de polipropileno, visa à fixação da válvula de três vias das colunas cromatográficas e do sensor.

Sensor

O encapsulamento é colocado a fim de evitar o manuseio inadequado, bem como contato de agentes líquidos ou quedas, serve para a fixação na base de PVC.

Compressor

Elemento que fornece o gás de arraste a uma vazão constante, que empurra o mesmo para a entrada das válvulas.

Tubo de silicone

Tubo flexível e de ponto de derretimento elevado, responsável pela passagem da amostra e do gás de arraste.

Coletor de dados

Aparelho do qual a finalidade é de recolher as informações provenientes dos sensores.

Base de polipropileno

Serve de fixação da base de PVC, do compressor de gás, serve como base de operação para os estudantes, fazendo cada ponto uma ilha de produção.

Base de madeira

Serve de suporte para a base de polipropileno e do suporte aos fios de eletricidade e cabos de sensores (ideia de fundo falso).

Bolhometro

Sistema integrado ao conjunto, cuja finalidade é medir a velocidade de escoamento do compressor de ar ou da entrada dos sensores.

Computador

Serve para armazenar os dados vindos dos sensores para análise e relatório dos mesmos.

ANEXO F3

FILAMGENS 04 08 2016

Verificar como funciona o aparelho.

20160804152718

Tentar descobrir o que é o aparelho.

20160804152728

Tentar descobrir o que é o sistema.

20160804153051

As perguntas começaram a ficar inteligentes, “cano solto”.

Vamos ver o que aprendemos.

20160804153210

20160804153210

Direção de dos condutores.

20160804153222

Desenho do sistema, e apontando para onde vai “vendo com caixa preta”.

ANEXO F4

FILAMGEM 11/08 16

Duração da aula: 3h30

Duração a filmagem: 2h

20160811144058

Filmagem do equipamento.

20160811150711imagens educacionais

Autorização para filmagens e de uso educacional.

20160811150806 // 20160811150949 9 mesmo)

Como você iria perguntar e responder essas questões?

Parâmetros a serem discutidos, vazão, gás temperatura,

Como estes parâmetros influenciariam a curva de saída?

Respondendo

Operações unidades em eng. Química.

Analisar a aparência do gráfico.

20160811150957 entrevista

Olhou nos sensores.

Falou álcoois, metano, butano.

Compostos orgânicos evapora fácil.

Fez a saturação comparou com o sensor.

Faixa de segurança.

Limite de detecção de um sistema.

20160811151543

Armazenamento dos dados.

20160811152015

Inserção de gás nos.

20160811152619

Inserção das soluções.

20160811153026

Entender o processo.

20160811153737

Tire as conclusões.

Vocês tiram as suas conclusões.

20160811154245

Supervisão/ leituras.

20160811154520

Trabalho em grupo.

20160811154925

Anotando dados trabalho em grupo.

20160811155154

Anotando dados trabalho em grupo.

20160811155323

Anotando dados trabalho em grupo.

20160811155353

Temperatura de 75° variação em função da temperatura.

Sinal analógico sinal digital.

Mandou o ponto em função da temperatura.

20160811160228

Supervisão/ leituras.

20160811160340

Supervisão/ leituras.

20160811160340

Levantamento de dados/// localização de pontos de calor.

20160811160741

Aquecimento foi por feito baixo resistor de aquecimento.

Aí colocado uma placa de cobre para dissipar com um tubo de cobre.

Com isso garante-se um calor uniforme em todo conjunto.

20160811161928

Manipulação problema no septo (vencido).

20160811162444 professora

Trocado material rapidamente, isso é assim na aviação substituição rápida do material.

Tensão é proporcional a concentração 8'.

Falta controle dos parâmetros --- falta o que – matéria prima??/ faça o relatório.

Com vou controlar os parâmetros -- intuito trabalhar em grupo 19'.

Planta piloto.

Lógica distribuída.

Detalhar o processo de cada grupo 23'.

Melhoria contínua.

Definir qualidade definir melhoria continua ISO 14000.

Definir procedimentos.

Aluno - planejou antes.

20160811165625

Copiar os dados do computador para análise.

20160811165732 professora

Mudança de procedimento uso de rastreabilidade.

Pegar os dados e criar um modelo.

Palavras chave

Divisão de grupos.

Dividindo as funções entre eles.

Observando variação de temperatura.

Mandou o ponto em função da temperatura.

Variação da concentração e temperatura.

Trabalhando todos juntos.

Efeito da temperatura na coluna, com aquecimento uniforme.

Detalhamento de cada grupo.

Intuito de trabalhar em grupo.

Planejamento antes.

Pegar os dados e criar um modelo.

ANEXO F5

Filmagem 16/02/2017

Tempo da aula: 3h

Tempo das filmagens: 2h30

20170216140347

Autorização par filmagem e para expor para fins educacionais.

Armazenar os dados computador.

Dividir grupo.

Porque a proteção da escova de dentes.

Proteção do sensor.

Instrução do equipamento.

20170216140925

Temperatura, por quê?

Preocupação questão de segurança.

Explicação de armazenamento dos dados.

20170216141846

Descobriram o reagente.

Como injetar????

20170216141923

Trabalhando com gás.

Pequena quantidade.

Sensibilidade do sensor para não saturar.

20170216142546

Iniciar amostragem.

Pessoal colocar para funcionar.

Trabalho em grupo cada uma faz uma parte.

20170216142944

Dados ficam registrados na hora.

20170216143928

Trabalho em grupo.

Fazer um filme no celular.

O que aconteceu? Qual a sua análise?

20170216144337

Trabalho em grupo.

20170216155933 e 20170216155939

Nada de importante.

20170216155945

Percebe-se o trabalho em grupo.

Processos que estão acontecendo, parâmetros do processo.

20170216160108

20170216160641

Trabalho em equipe variação das variações de aquisição.

Análise dos parâmetros do processo - grupo inteiro.

Membros do grupo acompanhando o processo.

Palavras chave

Trabalho em grupo.

Divisão de tarefas.

ANEXO F6

Filmagens, dia 23/02/2017

Tempo da aula: 3h30

Tempo de gravação: 2h30

2017022316433

Fixação dos dispositivos.

20170223164426

Estão ajustando que acham que serão necessários para as medições.

2017022316454

Privilegiaram o trabalho em grupo.

20170223164612.

Nada tempo muito curto.

20170223164619

20170223164625

Percebe-se que cada grupo tem suas características e trabalho em equipe.

20170223164715

Percebe-se trabalho em equipe, anotações e observações.

20170223165047

Resumo no quadro referente à experiência.

20170223165102

Divisão de espaço, divisão dos grupos.

20170223165158

Fazendo medições.

20170223171241

Divisão de espaço - trabalho em equipe, comparação entre valores.

Encontram um problema.

Estão tentando resolver o problema.

20170223171611

Testando por partes.

20170223174148

Encontraram o problema.

Tentando resolver em grupo o problema.

Palavras chave

Trabalho em equipe.

Divisão de tarefas.

Resolver o problema em grupo.