

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSIÇÃO DE ATIVIDADES PRÁTICAS EXPERIMENTAIS PARA A
COMPLEMENTAÇÃO DO ENSINO DA DISCIPLINA DE PLANEJAMENTO DE
EXPERIMENTOS INDUSTRIAIS (ENP526)**

Jézica Cristina de Sá Sousa

João Monlevade

Julho de 2019

Jézica Cristina de Sá Sousa

**PROPOSIÇÃO DE ATIVIDADES PRÁTICAS EXPERIMENTAIS PARA A
COMPLEMENTAÇÃO DO ENSINO DA DISCIPLINA DE PLANEJAMENTO
DE EXPERIMENTOS INDUSTRIAIS (ENP526)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos
requisitos necessários para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof. Dra. Luciana Paula Reis.

Coorientadora: Prof. Dra. Karla Moreira Vieira.

João Monlevade

Julho de 2019

S725p

Sousa, Jézica Cristina de Sá.

Proposição de atividades práticas experimentais para a complementação do ensino da disciplina de planejamento de experimentos industriais (ENP526) [manuscrito] / Jézica Cristina de Sá Sousa. - 2019.

66f.:

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luciana Paula Reis.

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Karla Moreira Vieira.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Engenharia de Produção - Ensino. 2. Ensino - Metodologia . 3. Educação - Estudo e ensino. I. Reis, Luciana Paula. II. Vieira, Karla Moreira. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU: 658.5

Catálogo: ficha.sisbin@ufop.edu.br



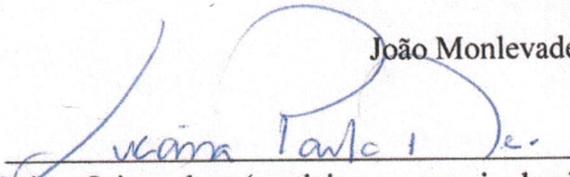
ATA DE DEFESA – ATV030

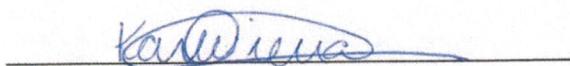
Aos 20 dias do mês de julho de 2019, às 10 horas, na sala C102 deste Instituto, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso pela aluna Jézica Cristina de Sá Sousa, Matrícula 12.1.8319, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Luciana Paula Reis (Orientadora – participou por meio de videoconferência), Karla Moreira Vieira (Coorientadora), Savio Figueira Corrêa e Diego Fernandes Pantuza Moura.

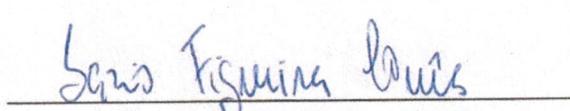
A aluna apresentou o trabalho intitulado: “Proposição de Atividades Práticas Experimentais para a Complementação do Ensino da Disciplina de Planejamento de Experimentos Industriais (ENP526)”.

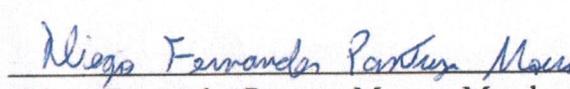
A comissão examinadora deliberou, pela: Aprovação; ou Aprovação com Ressalva - Prazo concedido para as correções: _____; ou Reprovação com Ressalva, com prazo para marcação da nova banca de: _____; ou Reprovação do(a) aluno(a), com a nota 100. Na forma regulamentar e seguindo as determinações da Resolução COEP 05/2018 foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pela aluna.

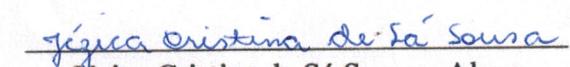
João Monlevade, 20 de julho de 2019.


Luciana Paula Reis – Orientadora (participou por meio de videoconferência)


Karla Moreira Vieira – Coorientadora


Savio Figueira Corrêa - Membro


Diego Fernandes Pantuza Moura – Membro


Jézica Cristina de Sá Sousa - Aluna

AGRADECIMENTOS

Dedico esse trabalho a Deus princípio de tudo, meu criador. Aos meus pais pelo amor incondicional. A Débora, pela acolhida e por me ensinar a enfrentar os meus medos. As minhas professoras orientadoras Luciana e Karla, pela paciência e dedicação para o bom êxito na elaboração e conclusão desse estudo. Aos professores Diego Pantuza e Rafael Lucas pela colaboração e apoio. Aos técnicos dos laboratórios de Física e Química, Miguel e Reginaldo pelo auxílio na escolha e validação das práticas apresentadas.

RESUMO

As principais metodologias adotadas para o ensino da disciplina eletiva de Planejamento de Experimentos Industriais (ENP526) são mais teóricas do que práticas. Sendo assim, procurou-se investigar na matriz curricular do curso de Engenharia de Produção disciplinas fonte de possíveis experimentos para serem adaptados e aplicados na disciplina ENP526. Com o intuito de facilitar esse processo, buscou-se apresentar atividades que utilizassem conceitos com os quais os estudantes já estivessem familiarizados e contassem apenas com recursos acessíveis. Com isso, através de um estudo de caso detalhado, alguns parâmetros foram levantados para embasar a escolha das práticas. A partir de uma análise qualitativa desses fatores foram propostas quatro atividades experimentais. Os princípios base para a formulação das atividades foram simples e condiziam com o que os estudantes viram ao longo de suas jornadas acadêmicas. Para a validação dessas propostas, foram investigadas as opiniões de estudantes e professores. Através da análise das respostas dos discentes e docentes, pôde-se verificar que ambos consideram as atividades práticas sugeridas válidas para o ensino da ferramenta. Desse modo, as práticas interdisciplinares elaboradas poderão ser adotadas futuramente como uma das técnicas de ensino da matéria aperfeiçoando assim o processo de ensino-aprendizagem da mesma.

Palavras-Chave: Planejamento de Experimentos; Metodologias de Ensino; Atividades Experimentais; Educação em Engenharia de Produção.

ABSTRACT

The main methodologies adopted for teaching the discipline of Design and Analysis of Experiments (ENP526) are more theoretical than practical. Therefore, it was sought to investigate in the curriculum of the Industrial Engineering course disciplines sources of possible experiments to be adapted and applied in the ENP526 class. In order to make this process easier, the exercises must have concepts and resources with which students were already familiar. Thus, through a detailed case study, some parameters were raised to support the choice of these practices. From a qualitative analysis four experimental activities were recreated. The basic principles of the activities were simple and consistent with the academic journeys of the students. For the validation of the proposals, the opinions of students and teachers were investigated. Through the analysis of the responses, the evaluation of this was concluded. In this way, these interdisciplinary practices can be developed in the future as one of the teaching techniques of the subject improving its teaching-learning process.

Keywords: Design of Experiments; Teaching Methods; Experimental Exercises; Industrial Engineering Education.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de Métodos de Ensino	20
Quadro 2 - Tipos de Planejamentos Experimentais.....	25
Quadro 3 - Análise de Dados no Planejamento Experimental	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros da disciplina ENP526	36
Tabela 2 - Tópicos Conceituais da Disciplina ENP526	37
Tabela 3 - Parâmetros Referentes aos Laboratórios de Química e Física do ICEA	38
Tabela 4 - Atividades Práticas Realizadas nas Disciplinas Atendidas pelos Laboratórios de Química e Física do ICEA.....	39
Tabela 5 - Materiais Duráveis Pertencentes ao Laboratório de Física do ICEA.....	40
Tabela 6 - Bens duráveis pertencentes ao Laboratório de Química	42
Tabela 7 - Matriz Experimental da Prática de LKT	44
Tabela 8 - Matriz Experimental da Prática do Pêndulo Simples.....	46
Tabela 9 - Matriz Experimental da prática de Cinética	48
Tabela 10 - Matriz Experimental referente a prática de Catálise	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo Geral de um Processo	22
Figura 2 - Fases do Planejamento Experimental	24
Figura 3 - Fluxograma do Passo a Passo da Pesquisa	32
Figura 4 - Circuito Elétrico Elaborado para a Prática	45
Figura 5 - Exemplo de um Pêndulo Simples	46
Figura 6 - Configuração do Experimento de LKT	51
Figura 7 - Experimento de Cinética Executado pelos Alunos.....	52
Figura 8 - Análise das Metodologias Utilizadas para o Ensino do Planejamento Experimental.....	53
Figura 9 - Análise das Metodologias Propostas pelos alunos para o Ensino do Planejamento Experimental.....	53
Figura 10 - Análise da Proposição das Práticas Interdisciplinares de Química e Física	54
Figura 11 - Análise da Importância do Domínio dos Conceitos de Física e Química	55
Figura 12 - Análise do Método Preferido dos Discentes para o Ensino da Ferramenta.....	56

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1- Entrevista com os Professores da Disciplina ENP141 e ENP526.....	64
Anexo 2 - Entrevista Aplicada aos Técnicos dos Laboratórios de Química e Física do ICEA.	65
Anexo 3 - Questionário Aplicado aos Alunos da Disciplina ENP141	65

LISTA DE SIGLAS

CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
DEENP	Departamento de Engenharia de Produção
ENP141	Código da disciplina de Controle Estatístico da Qualidade
ENP526	Código da disciplina de Planejamento de Experimentos Industriais
ICEA	Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
LKC	Lei de Kirchhoff das Tensões
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto

SUMÁRIO

1. Introdução	12
1.1. Contextualização	12
1.2. Problema de Pesquisa	13
1.3. Objetivos Gerais	14
1.3.1. Objetivos Específicos	15
1.4. Justificativa.....	15
1.5. Estrutura do Trabalho.....	16
2. Referencial Teórico	18
2.1. O Processo de Ensino-Aprendizagem	18
2.2. Método de Ensino Tradicional x Método de Ensino Ativo.....	19
2.3. Classificação dos Métodos de Ensino	19
2.4. Planejamento de Experimentos	21
2.4.1. Análise Estatística em Planejamento de Experimentos.....	26
3. Metodologia	30
3.1. Classificação da Pesquisa	30
3.2. Passo a Passo da Pesquisa	31
3.3. Método de Coleta de Dados	32
3.4. Método de Análise de Dados	34
4. Apresentação e Análise dos Resultados	36
4.1. A disciplina de Planejamento de Experimentos Industriais (ENP526).....	36
4.2. Infraestrutura para a Realização das Atividades Práticas.....	38
4.3. Proposição das Atividades Práticas Experimentais.....	42
4.3.1. Planejamento Fatorial 2 ² aplicado a conceitos da Lei de Kirchhoff das Tensões (LKT)	43
4.3.2. Planejamento Fatorial 2 ³ aplicado a conceitos do Pêndulo Simples.....	45
4.3.3. Planejamento Fatorial 2 ² aplicado a conceitos de Cinética Química	47
4.3.4. Planejamento Fatorial 2 ³ aplicado a conceitos de Catálise	49
4.4. Processo de Validação das Práticas.....	51
4.4.1. Processo de Validação com os Estudantes	51
4.4.2. Processo de Validação com os Professores	56
6. Referências Bibliográficas	60

1. Introdução

1.1. Contextualização

Segundo Catapan, Kassick e Otero (2016), a matriz curricular orienta todo e qualquer sistema de formação, sendo elaborada e limitada com base no perfil de profissional que se deseja construir. Por isso, para a criação de um curso de excelência, é extremamente importante levar em consideração a maturidade intelectual do aluno na definição da grade curricular, como também na seleção das disciplinas que a irão compor.

Através da organização curricular, emergem a concepção filosófica, pedagógica e metodológica do curso, que juntas dão origem ao processo de mapeamento do conteúdo de cada disciplina, apresentado por meio dos planos de ensino. A análise das ementas das matérias ofertadas por meio da avaliação crítica do conteúdo, das estratégias didáticas adotadas pelo professorado, da distribuição de carga horária e notas, como também das referências literárias adotadas, é indispensável para o processo de ensino-aprendizagem.

Portanto, é importante ressaltar que o aprendizado do aluno é influenciado, não apenas pelo conteúdo teórico repassado, mas também pela maneira como o seu instrutor adequa suas estratégias de ensino às expectativas e necessidades do mesmo. Por isso, o professor precisa estar ciente de que para gerar conhecimento ele terá que dispor de vários tipos de métodos e atividades, como por exemplo, aulas expositivas, estudos de caso, trabalhos em grupo, aulas práticas, dentre outros, a fim de complementar o ensino do conteúdo teórico de cada curso por ele ministrado (OLISKOVICZ E PIVA, 2012).

De acordo com Batista *et al.* (2017), são diversas as técnicas que o corpo docente pode utilizar para transmitir o conhecimento aos alunos, entretanto, sistemas arcaicos ainda são predominantes no ambiente acadêmico, fazendo com que prevaleça o tradicional modelo de ensino, resultante da relação rotineira e monótona entre professor e estudante. Logo, para que o processo de aprendizagem se torne mais satisfatório, é necessário realizar a substituição de tarefas mecânicas, como as que apelam para memorização e repetição de conceitos, por aquelas que envolvam ação e pensamento operatório.

As atividades práticas são importante fonte de motivação para os alunos, pois além de contribuírem para a minimização da dificuldade dos discentes de compreenderem certos conceitos, melhoram a capacidade deles de pensarem e desenvolverem soluções para possíveis

problemas que possam surgir. A utilização de metodologias que utilizam aulas práticas aliadas às tradicionais metodologias teóricas se configura como dispositivos potencialmente eficazes no processo de transmissão do conhecimento, visto que ambas são cúmplices nessa tarefa. Essa cumplicidade acontece, porque a prática dá concretude aos conteúdos teóricos aprendidos (BATISTA *et al.*, 2017; OLISKOVICZ e PIVA, 2012).

Assim sendo, atividades práticas são exercícios realizados para a aplicação de técnicas e conceitos estudados em sala de aula. Para tanto, existem vários tipos de atividades práticas disponíveis e que podem ser empregadas a fim de se alcançar diferentes objetivos. Dentro do vasto grupo das atividades de cunho prático, encontram-se as atividades experimentais, comumente conhecidas por fornecerem importantes contribuições para o processo de ensino-aprendizagem de disciplinas que envolvam o estudo de fenômenos da ciência e da engenharia (OLIVEIRA, 2010; BATISTA *et al.*, 2017; OLISKOVICZ e PIVA, 2012).

De acordo com Ferreira e Amaral (2015), apesar da importância dessas atividades, muitas vezes, algumas delas não conseguem ser desenvolvidas devido ao alto custo de instalação e manutenção de um laboratório. Porém, o que se deve ter em mente é, que esses exercícios experimentais não devem ser prioritariamente associados a grandes demonstrações, com equipamentos sofisticados. Logo, seja com recursos caros, ou materiais adaptados e de baixo custo, a atividade experimental leva a importantes descobertas e auxilia a formação de profissionais mais críticos e com autonomia suficiente para tomar decisões frente aos problemas.

Diante do exposto, o presente estudo busca propor uma nova metodologia de ensino, através da realização de atividades práticas que envolvam experimentação, com o objetivo de auxiliar o processo de ensino-aprendizagem da disciplina Planejamento de Experimentos Industriais (ENP526). Essa matéria pertence ao grupo de disciplinas eletivas da matriz curricular do curso de Engenharia de Produção do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas (ICEA). É relevante ressaltar que, as atividades serão escolhidas de forma a aproveitar ao máximo a infraestrutura existente no campus, de modo que os materiais e equipamentos escolhidos sejam acessíveis a alunos e professores.

1.2. Problema de Pesquisa

O curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), ofertado pelo campus do ICEA, localizado na cidade de João Monlevade, é composto por 10

períodos letivos, onde cada um deles têm a duração de um semestre. Durante esse tempo estimado, os alunos têm o dever de cursar presencialmente, 48 disciplinas obrigatórias e 5 disciplinas eletivas.

Dentre essas disciplinas, encontra-se o curso de Planejamento de Experimentos Industriais (ENP526), que é uma matéria eletiva fornecida pelo departamento de Engenharia de Produção (DEENP), responsável pelo oferecimento das disciplinas específicas do curso. Atualmente, essa disciplina não possui atividades de cunho prático como parte de sua metodologia de ensino, e apesar de ela dever apresentar essa ferramenta como aliada para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem do seu conteúdo programático, isso não ocorre na prática.

Pode-se comprovar através da matriz curricular do curso de Engenharia de Produção do ICEA, que das quatro aulas semanais propostas, de cinquenta minutos cada, uma aula teria que teoricamente, estar reservada para a implementação de atividades práticas na disciplina ENP526.

Dessa forma, o modo como esse curso é ministrado, através de exercícios que exigem o uso frequente da memorização e aplicação de fórmulas, ou que contam apenas com o auxílio *softwares* estatísticos, como recurso didático de prática, implica no aprendizado incompleto da verdadeira ideologia dessa ferramenta. Logo, não empregar atividades eficientes o bastante para fazer com que os alunos absorvam melhor os conhecimentos aprendidos, impossibilita os discentes de vivenciarem a real bagagem experimental e prática inserida no contexto filosófico dessa matéria.

Portanto, o grande desafio nesse caso é criar atividades práticas experimentais, que auxiliem os estudantes a obterem um aprendizado mais sólido e propiciem a fixação dos conteúdos das aulas expositivas. Desse modo, a tarefa de conciliar a necessidade de propor atividades práticas para essa disciplina por meio da utilização de recursos acessíveis oferecidos pela própria universidade torna-se o foco principal desse trabalho.

Por fim, em resumo, o principal problema, ou seja, a principal pergunta que esse estudo pretende responder é: Quais atividades práticas podem ser propostas para a disciplina de Planejamento de Experimentos Industriais, a partir da utilização de recursos acessíveis, a fim de melhorar o processo de ensino-aprendizado da mesma?

1.3. Objetivos Gerais

O principal objetivo desse trabalho é o de propor atividades práticas para a disciplina de Planejamento de Experimentos Industriais, de modo a aperfeiçoar o seu atual processo de ensino-aprendizagem tornando-o mais interativo de acordo com a realidade prática do curso. Desse modo, também será considerada a limitação da infraestrutura e de outros recursos existentes para esse fim.

1.3.1. Objetivos Específicos

- Investigar a disciplina ENP526 a fim de identificar parâmetros importantes que auxiliem na formulação dos possíveis exercícios práticos a serem apresentados.
- Mapear as diferentes disciplinas do curso de Engenharia de Produção, que poderiam ser fontes de experimentos para a elaboração de atividades práticas.
- Identificar os recursos disponíveis que amparem a elaboração e, a então, posterior implementação dessas atividades.
- Contribuir para uma melhor fixação do conteúdo da disciplina pelos alunos através da sugestão de exercícios experimentais que sejam coerentes com a temática do curso.
- Validar a metodologia proposta através da aplicação das atividades experimentais escolhidas para alunos e professores.

1.4. Justificativa

O tema escolhido para ser trabalhado visa estimular a busca por melhorias na qualidade do ensino, uma vez que uma boa formação profissional depende grande parte do quanto o acadêmico conseguiu extrair dos conteúdos que lhe foram ministrados. Logo, a qualidade do conhecimento do discente em um determinado conteúdo fará com que ele exerça suas funções de maneira mais rápida e segura ao solucionar os reais problemas enfrentados pelas organizações.

É importante ressaltar também, que a disciplina Planejamento de Experimentos Industriais pertence a área de gestão da qualidade uma das principais da Engenharia de Produção sendo, portanto, muito relevante na formação profissional dos estudantes do curso. Desse modo, compreender melhor essa técnica estatística experimental que se propõe estudar a influência de fatores sobre determinada variável visando manter a estabilidade de processos, contribuirá positivamente com a fixação dos conhecimentos dos discentes sobre uma importante ferramenta da gestão da qualidade.

Já os professores encontrarão meios de fazer com que os alunos aproveitem o curso da melhor forma possível cumprindo o seu papel eficientemente, pois com o aumento da competitividade, a busca no campo da Engenharia, por profissionais ativos e que tenham certos conceitos bem definidos aumenta a responsabilidade das universidades de prepararem melhor seus alunos. A consequência disso é o compromisso dessas instituições em inovar e melhorar os métodos de ensino, para que consigam alcançar com êxito a sua principal missão, que é a de fornecer conhecimento e qualificação aos estudantes.

Além disso, a experimentação é um tipo de atividade prática muito pouco abordada nas disciplinas específicas do curso de Engenharia de Produção, sendo que as aulas de laboratório costumam estarem concentradas somente no ciclo básico do curso, como por exemplo nas matérias de Física e Química Geral. Embora, o curso seja mais teórico em sua parte específica, seria interessante levar as atividades experimentais também para essa fase, pois em muitas organizações ou até mesmo em outras universidades que possuem cursos de pós-graduação, os alunos terão contato com departamentos responsáveis pela realização de experimentos para diversos fins.

Por fim, a possibilidade de poder identificar trabalhos práticos que pudessem ser escolhidos utilizando recursos pertencentes à própria infraestrutura do campus, bem como outros tipos de materiais mais acessíveis, impulsionou ainda mais esse estudo. Uma vez que a forma de execução dessas atividades não será dificultada por certos fatores, como por exemplo, tempo de deslocamento, infraestrutura e o alto custo de materiais. Desse modo, esse estudo contribuirá para o aprendizado dos alunos através da interdisciplinaridade proporcionando uma melhor fixação do conteúdo.

1.5. Estrutura do Trabalho

Este trabalho encontra-se dividido em cinco partes: Introdução, Referencial Teórico, Metodologia, Apresentação e Análise de Dados e Conclusão. A introdução foi recentemente apresentada. A segunda parte, consiste na apresentação do referencial teórico que contém a explanação conceitual deste trabalho, seguindo as convicções dos principais autores das áreas estudadas.

Posteriormente, no terceiro capítulo, se encontra a metodologia, onde está exposta a classificação da pesquisa e a explicação de como os dados foram coletados e analisados. Em seguida, serão apresentados os dados coletados e os resultados obtidos, incluindo a proposição

das atividades práticas. Por fim, no último tópico, será apresentada a conclusão do trabalho, um panorama geral que irá revelar se os objetivos traçados inicialmente foram alcançados.

2. Referencial Teórico

2.1. O Processo de Ensino-Aprendizagem

O processo de ensino-aprendizagem composto pelos elementos professor, aluno, conteúdo e variáveis ambientais é considerado uma rede de relacionamentos na qual cada um desses componentes exerce um certo nível de influência nesse sistema. Por exemplo, ao professor é necessária capacidade inovadora e comprometimento; aos alunos, disposição e boavontade; ao conteúdo, valor e aplicabilidade prática; já as variáveis ambientais, são recursos de apoio necessários para o bom funcionamento da integração dessa rede (ALCÂNTARA 2006; *apud* DORNFELD e ESCOLANO, 2009).

Segundo Libâneo (2006), “o ensino é a atividade do professor de organização, seleção e explicação dos conteúdos, encaminhando objetivos, métodos e meios mais adequados em função da aprendizagem dos alunos.” Já a aprendizagem é considerada a atividade cognitiva do aluno de assimilar conhecimentos, conteúdos e habilidades. Um dos compromissos principais do professor é a unidade didática entre ensino e aprendizagem e esses dois importantes conceitos são conhecidos como características de um só processo.

Para Valadares (2001), o professor tem que ter competência para diagnosticar as carências e expectativas dos estudantes a fim de escolher as medidas educativas mais adequadas para serem utilizadas ao longo das suas aulas dentro da disciplina. Outra atitude importante que um professor deve ter é a de estimular os alunos a adotarem atitudes mais empreendedoras e a romper com a passividade que em geral, lhes é imposta nos esquemas de ensino padrão.

De acordo com Alcântara (2006, *apud* Dornfeld e Escolano, 2009) clareza vocal, iniciativa, paciência, raciocínio lógico, orientação e coordenação de tarefas são habilidades necessárias a um professor para que o processo de ensino-aprendizagem seja eficaz. Porém, sabe-se que não depende somente do educador para a concretização da aprendizagem, pois há inúmeros fatores, dentro dos indivíduos e mesmo fora deles, que influenciam sua habilidade para aprender. Dentre eles destacam-se a motivação, a concentração, a idade, o ambiente social, os hábitos de estudo e a memória (BECKER, 1994; *apud* Oliskovicz e Piva, 2012).

2.2. Método de Ensino Tradicional x Método de Ensino Ativo

Conforme o exposto por Libâneo (2006), a atividade de ensinar é geralmente vista como transmissão da matéria aos alunos, realização de exercícios repetitivos, memorização de definições e fórmulas. O que ocorre muitas vezes é de o professor passar a matéria, os alunos escutarem, praticarem o que viram através de exercícios de fixação e decorarem esses conceitos para as avaliações. Porém, a memorização de fórmulas e teorias não-contextualizadas prejudicam o processo de ensino-aprendizagem e conduzem a um modelo educacional ultrapassado de ensino (FREIRE, 2003; *apud* GOMES, PINTO e FONSECA FILHO, 2017).

A aprendizagem efetiva acontece quando o aluno coopera ativamente com o processo de reconstrução do conhecimento, aplicando seus esquemas operatórios de pensamento aos conteúdos estudados. Portanto, a aprendizagem supõe constante atividade mental, pois aprender é agir e operar mentalmente (LIBÂNEO, 2006).

Segundo Haydt (2011), o procedimento didático mais adequado à aprendizagem de um determinado conteúdo é aquele que ajuda o aluno a incorporar novos conhecimentos de forma ativa, compreensiva e construtiva, estimulando a operação mental. A aprendizagem só se tornará efetiva, quando tarefas mecânicas que apelam para a repetição e a memorização forem substituídas por atividades que exijam dos alunos a execução do pensamento operatório.

Para que os alunos aprendam determinado assunto será necessário que o professor faça uso de métodos e técnicas didáticas variadas. Porém, a escolha de uma estratégia só dependerá do bom senso do educador e daquilo que ele pretende passar para seus alunos. É importante destacar que os métodos e as técnicas existentes não são neutros, pois há uma teoria conceitual implícita em cada um deles. Por isso, ao escolher uma estratégia de ensino, o professor deve considerar como critério de seleção, os seguintes aspectos básicos:

- a) Adequação aos objetivos estabelecidos para o ensino e a aprendizagem.
- b) A natureza do conteúdo a ser ensinado e o tipo de aprendizagem a efetivar-se.
- c) As características dos alunos, como, por exemplo, sua faixa etária, o nível de desenvolvimento mental, o grau de interesse e suas expectativas de aprendizagem.
- d) As condições físicas e o tempo disponível (HAYDT, 2011).

2.3. Classificação dos Métodos de Ensino

Os métodos de ensino subdividem-se em três modalidades: individualizados, socializados e socio-individualizados. Os métodos individualizados são aqueles que adequam o

conteúdo de acordo com o nível de maturidade, capacidade intelectual e o ritmo de aprendizagem de cada aluno em particular. Já os métodos socializados, valorizam a interação social, fazendo a aprendizagem efetivar-se em grupo. Por fim, os métodos socio-individualizados são os que combinam as duas atividades, alternando em suas etapas aspectos individuais e sociais (HAYDT, 2011).

O quadro 1 resume os exemplos de métodos de ensino individualizados, socializados e socio-individualizados mais comuns que são utilizados no ensino superior.

Quadro 1 - Tipos de Métodos de Ensino

Método de Ensino	Exemplos
Individualizantes	<p>Aulas expositivas: apresentação oral de um tema estruturado pelo educador.</p> <p>Estudo dirigido: estudo orientado a partir de um roteiro elaborado previamente pelo professor.</p>
Socializantes	<p>Trabalhos em grupo: conjunto de dois ou mais alunos em situação de interação agindo conjuntamente em função de um determinado objetivo.</p> <p>Discussão em grupos: estudar e analisar um assunto em pequenos grupos.</p> <p>Simpósio: breves apresentações de diferentes pessoas sobre assuntos acerca de um determinado tema.</p> <p>Painel: é uma conversa ou discussão formal que se estabelece entre um grupo de pessoas conhecedoras de um assunto na frente de uma plateia.</p> <p>Seminário: um aluno ou um grupo de alunos ficam encarregados de fazer uma pesquisa sobre determinado assunto e posteriormente o apresentam para a turma.</p> <p>Aulas práticas: ajudam no desenvolvimento de conceitos científicos, além de estimular os estudantes a buscar a solução de problemas complexos.</p> <p>Estudos de caso: técnica que consiste em apresentar aos alunos uma situação real, dentro do tema estudado para que analisem e proponham alternativas de solução.</p>

	Brainstorming: apresentação livre de ideias ou de alternativas de solução para um determinado problema.
Sócio individualizantes	<p>Método da descoberta: método no qual o professor não transmite os conceitos, mas criam situações para que os próprios alunos cheguem as conclusões sobre o tema.</p> <p>Método de solução de problemas: consiste em apresentar ao aluno uma solução problemática para que o mesmo busque uma solução satisfatória.</p> <p>Método de projetos: atividade que se processa a partir de um problema concreto e nas buscas de solução para o mesmo.</p> <p>Aula participativa: essa técnica consiste em o professor dirigir perguntas aos alunos sobre algo que estudaram ou sobre suas experiências.</p> <p>Resumo: identificação das ideias principais de um tópico e das relações que o aluno estabelece entre elas.</p>

Fonte: Adaptado de CARVALHO (1973 *apud* OLISKOVICZ e PIVA, 2012).

De acordo com Gil Perez *et al.* (1999 *apud* Ferreira e Amaral, 2015), as aulas práticas experimentais contribuem para o desenvolvimento das potencialidades criativas dos alunos, despertando a curiosidade, a motivação e o interesse, além de fazer com que os estudantes adquiram autonomia e segurança em relação ao tema que foi proposto. A resolução de problemas requer uma atitude mais ativa e um esforço para buscar respostas próprias para o fenômeno que está sendo vivenciado.

Apesar da importância dessas atividades, percebe-se que o fato de em muitas instituições de ensino elas não serem desenvolvidas acontece principalmente pelo alto custo de instalação e manutenção de um laboratório. Por isso, muitas vezes os professores acabam optando por materiais alternativos e de baixo custo para viabilizar a execução desses experimentos. Por outro lado, a necessidade do educador de ter tempo livre para conseguir desenvolver os experimentos previamente e testarem os mesmos com os alunos é outro agravante, que dificulta ainda mais a realização dessas aulas.

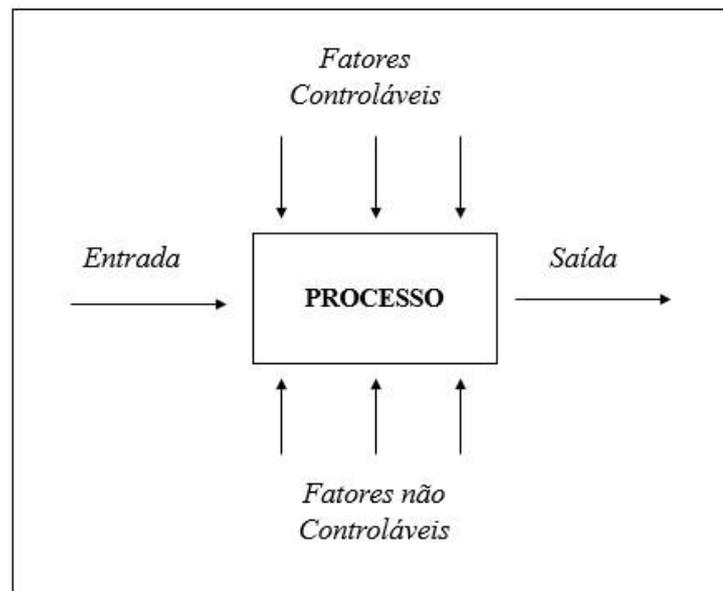
2.4. Planejamento de Experimentos

De acordo com Montgomery (2004, p.365), o planejamento experimental “é uma série de testes, nos quais são feitas mudanças propositalmente nos fatores de entrada de um processo, de modo a observar e identificar mudanças correspondentes na variável de saída”. Esses fatores

são variáveis que o experimentador tem condições de controlar, podendo ser quantitativos ou qualitativos; os níveis são possíveis valores que os fatores possam vir a assumir no experimento e a resposta é a variável que se quer estudar e avaliar a real significância das alterações dos fatores (BARROS NETO, SCARMINIO e BRUNS, 2001; OLIVEIRA, 2009).

A figura 1 estabelece o esquema geral de um processo ilustrando os fatores controláveis passíveis de serem investigados, como também os não controláveis, os quais não se tem interesse de avaliá-los através das técnicas do planejamento experimental, por já possuírem influência conhecida.

Figura 1 - Modelo Geral de um Processo



Fonte: Adaptado de Montgomery (2004)

Os três princípios básicos que regem a técnica de planejamento de experimentos são: replicação, aleatoriedade e blocagem. Segundo Montgomery (2005, p.13), replicação nada mais é do que, “repetir independentemente cada combinação de fatores”, que conforme estabelecido por Werkema (1996, p. 29), “deve ser realizada sob as mesmas condições experimentais, sem que ocorra grandes variações de uma replicação para outra”. Realizar um experimento com réplicas é relevante por duas razões: a primeira é que a replicação permite a obtenção do erro experimental, que é a base para a verificação da consistência estatística dos resultados; a segunda, é que se a média de uma amostra for utilizada para encontrar o efeito de um fator, a replicação irá permitir uma estimativa mais precisa do mesmo (CALADO e MONTGOMERY, 2003).

A aleatoriedade permite que a influência de variáveis não controláveis, que afetam a variável resposta e que podem vir a estarem presentes durante a realização do experimento, sejam balanceadas entre todas as medidas. Esse balanceamento auxilia a evitar quaisquer problemas que possam acontecer no momento da avaliação dos resultados (WERKEMA, 1996). Portanto, “para evitar a ocorrência de distorção estatística, isto é, para impedir que desvios atípicos sejam obrigatoriamente associados a determinadas combinações de níveis, deve-se realizar os ensaios em ordem aleatória” (BARROS, SCARMINIO e BRUINS, 2001).

A blocagem é uma das técnicas mais importantes do planejamento experimental, e tem como objetivo aperfeiçoar a precisão do experimento. Através dessa ferramenta, pode-se controlar e avaliar a variabilidade resultante da presença de fatores que perturbam o sistema, mas que não se tem o interesse de estudá-los. Esta técnica é comumente utilizada, para evitar uma possível não homogeneidade de dados extraídos dos experimentos (CALADO e MONTGOMERY, 2003).

Com o intuito de auxiliar a aplicação do planejamento experimental, Montgomery (2004) propõe algumas fases expostas abaixo na Figura 2. A primeira; seria reconhecer e relatar o problema, sendo “essencial desenvolver completamente todas as ideias sobre o problema e sobre os objetivos específicos do experimento” (MONTGOMERY, 2004, p.369). A segunda fase consiste na escolha dos fatores e dos níveis, onde deverão ser definidos os fatores que precisarão variar, e os níveis específicos sobre os quais os mesmos variarão. A terceira fase contempla a seleção da variável resposta, também conhecida como variável de saída, dessa forma, deve ser escolhida uma variável que realmente fornecerá informações úteis sobre o processo em estudo.

Figura 2 - Fases do Planejamento Experimental

Fonte: Adaptado de Montgomery (2004)

A quarta fase resume-se na escolha do tipo de planejamento experimental, onde serão considerados elementos como o tamanho da amostra, a ordem adequada de rodadas, a formação de blocos, bem como outros fatores. A quinta fase consiste na realização do experimento, que deverá ser conduzido com muita cautela para que erros experimentais sejam evitados. A sexta etapa contempla a análise dos dados, onde métodos estatísticos deverão ser utilizados de forma que os resultados e as conclusões sejam objetivos e não de opinião. Por fim, o sétimo passo consistirá na elaboração de conclusões, recomendações e na construção de um curso de ação a ser seguido (MONTGOMERY, 2004).

Existem vários tipos de planejamento experimental e a escolha do modelo a ser utilizado dependerá das particularidades do problema a ser resolvido, por isso, é extremamente importante conhecer cada um deles. O Quadro 2 contém os principais tipos e ferramentas de planejamentos experimentais, como também, uma breve explicação dos conceitos centrais de cada um deles.

Quadro 2 - Tipos de Planejamentos Experimentais

Tipo de Planejamento	Conceito
Planejamento Fatorial Completo n^k	<ul style="list-style-type: none"> • Pode vir a conter vários fatores (k) e níveis (n), sendo muito utilizado quando todas as combinações n^k dos níveis e fatores são necessárias. Se houver n_1 níveis do fator 1, n_2 do fator 2, ..., n_k do fator k, o planejamento terá $n_1 n_2 \dots n_k$ combinações. • Para estimar o erro experimental e validar a análise estatística, será importante repetir cada ensaio, sendo necessária a realização de pelo menos mais uma rodada.
Planejamento Fatorial 2^k	<ul style="list-style-type: none"> • É um dos tipos mais utilizados de planejamento experimental. Pode conter vários fatores (k), porém apresenta apenas dois níveis, reduzindo-o a 2^k combinações. • Na categoria de planejamento fatorial 2^k estão inseridos dois dos planejamentos mais simples, o planejamento 2^2 e o planejamento 2^3.
Planejamento Fatorial em Blocos	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizado quando se faz necessária a formação de blocos com o intuito de manter a homogeneidade do experimento, visto que é quase sempre improvável, principalmente em ambientes industriais, rodar todas as combinações fatoriais sob as mesmas condições. • Um bom exemplo de utilização dessa técnica ocorre quando não há a possibilidade de concluir todas as rodadas de um experimento em um determinado turno, usar matéria prima de um mesmo lote ou manter o mesmo experimentador.
Planejamento Fatorial Fracionado 2^k	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizado quando há a presença de vários fatores, mas não é viável realizar todas as combinações do experimento.

	<ul style="list-style-type: none"> • Quando o número de fatores aumenta, elevam-se também as chances de um ou mais deles não afetarem significativamente a resposta, não havendo necessidade de estimarem os seus efeitos e, portanto, executar todos os ensaios de um planejamento completo. • O planejamento experimental da fração um meio de um experimento 2^k contém 2^{k-1} rodadas e é também chamado de planejamento fatorial fracionado 2^{k-1}. Um planejamento 2^k também pode ser rodado em frações ainda menores chamadas de planejamento fracionário $1/2^p$ ou 2^{k-p}.
Metodologia de Superfície Resposta (MSR)	Ferramenta voltada para a otimização, sendo utilizada para determinar um conjunto de condições de operação para as variáveis que otimize a variável resposta.

Fonte: Adaptado de Torres Júnior e Quinino (2014); Barros Neto, Scarminio e Bruns (2001); Camargo, Moreira e Vaccaro (2009).

Conforme Aranda, Jung e Caten (2007), as principais vantagens do planejamento de experimentos são:

- i. A diminuição do número de ensaios;
- ii. O estudo de um número considerável de fatores;
- iii. A detecção das interações entre fatores;
- iv. A detecção dos níveis ótimos;
- v. A melhoria da precisão de resultados e a otimização dos mesmos.

2.4.1. Análise Estatística em Planejamento de Experimentos

O uso de métodos estatísticos na análise dos dados obtidos através de um planejamento experimental resulta na objetividade científica das conclusões, principalmente quando o problema envolve dados que estão sujeitos a erros experimentais. Portanto, após a realização do experimento, técnicas estatísticas devem ser utilizadas de modo a buscar se concluir algo sobre o grau de dependência da variável resposta aos fatores escolhidos para compor o ensaio (WERKEMA, 1996; CALADO e MONTGOMERY 2003). Diante disso, Montgomery (2004, p.381) define “uma sequência de passos geralmente usados para analisar os experimentos fatoriais” explicitados no Quadro 3.

Quadro 3 - Análise de Dados no Planejamento Experimental

Procedimento de Análise para Planejamentos Fatoriais	
1. Estime os efeitos dos fatores	4. Analise os resíduos
2. Construa o modelo preliminar	5. Refine o modelo, se necessário
3. Teste a significância dos efeitos dos fatores	6. Interprete os resultados

Fonte: Adaptado de Montgomery (2004)

De acordo com Montgomery (2004, p.370), “o efeito de um fator é definido como a mudança na variável resposta produzida por uma mudança no nível do fator” e isso é chamado de efeito principal, pois se refere aos efeitos de ordem primária de um fator de interesse. Em um planejamento 2^k , o cálculo do efeito principal é obtido pela diferença entre a resposta média no nível alto desse fator (\bar{y}_{X+}) e a diferença da resposta média no nível baixo do mesmo (\bar{y}_{X-}), como demonstra a equação (1).

Conforme exposto por Barros Neto, Scarminio e Bruns (2001, p. 98) “quando o efeito de uma variável depende do nível da outra, dizemos que as duas variáveis interagem”. Esse efeito de interação, em um planejamento 2^k , é basicamente a diferença média entre a resposta de um fator (X_1) nos níveis altos (+) de um outro fator (X_2) e o efeito de X_1 nos níveis baixos (-) de X_2 , como demonstra a equação (2) (MONTGOMERY, 2004; 2005).

$$X = \bar{y}_{X+} - \bar{y}_{X-} \quad (1)$$

$$X_1X_2 = \left[\frac{(y_{12+} - y_{2+}) - (y_{1-} - y_{12-})}{2} \right] \quad (2)$$

Após os cálculos dos efeitos, é preciso avaliar se esses são estatisticamente significativos ou não, pois o fato de um efeito ter resultado superior aos outros não significa necessariamente, que este influencie a resposta de uma forma relevante (OLIVEIRA, 2009). Segundo Correia e Cardoza (2011) *apud* Pimenta *et al.* (2012), para analisar estatisticamente os resultados obtidos através do planejamento de experimentos a ferramenta mais recomendada é a Análise de Variância (ANOVA), por meio da qual pode-se verificar os fatores e as interações entre os mesmos para extrair conclusões concretas a respeito de seus reais impactos na variável resposta.

De acordo com Camargo, Moreira e Vaccaro (2009) “o objetivo principal da Análise de Variância é estimar a variação média entre os resultados dos testes e inferir quais são os fatores

que produzem efeitos (principais e de interação) significativos nas respostas de um sistema”. Dessa forma, a ANOVA auxilia na verificação das alterações sofridas pela variável que se quer estudar mostrando se elas são causadas pelo erro experimental, ou se são oriundas de efeitos dos fatores.

Para se executar a análise de variância das respostas obtidas por meio de um determinado experimento, realiza-se a decomposição algébrica da variação total (soma de quadrados de desvios totais) em relação a resposta média global, conforme exposto pela equação 3. A primeira parcela ($\hat{y}_i - \bar{y}$), representa o desvio da previsão feita pelo modelo, para o ponto \hat{y}_i , em relação à média global \bar{y} . Já a segunda parcela ($y_i - \hat{y}_i$) representa a diferença entre o valor observado e o valor previsto (BARROS NETO, SCARMINIO e BRUNS, 2001).

$$\sum(y_i - \bar{y})^2 = \sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2 + \sum(y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (3), \text{ em que:}$$

$$SQ_T = \sum(y_i - \bar{y})^2 \quad (\text{é a soma de quadrados total})$$

$$SQ_R = \sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2 \quad (\text{é a soma de quadrados da regressão}) \text{ e}$$

$$SQ_r = \sum(y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (\text{é a soma de quadrados dos erros ou resíduos})$$

Estas somas de quadrados de desvios são chamadas simplifcadamente de somas quadráticas (SQ) e a cada uma delas está associado um certo número de graus de liberdade, que indica quantos valores independentes compreendendo as n observações y_1, y_2, \dots, y_n são necessários para determiná-las. Com base nesses dados são calculadas as médias quadráticas (MQ), devido a regressão (MQ_R) e as residuais (MQ_r), executando a divisão de suas respectivas somas quadráticas pelos seus relativos graus de liberdade (CARDOZA E CORREIA, 2007; BARROS NETO, SCARMINIO e BRUNS, 2001).

Para testar se há ou não influência significativa dos fatores em estudo nas variáveis respostas a serem analisadas, realiza-se o teste de hipóteses. Essa ferramenta permite testar se há diferença entre as médias dos tratamentos, sendo que a hipótese nula (H_0) admite a igualdade das médias entre os tratamentos. A aceitação ou rejeição de H_0 pode ser feita através de duas formas: utilizando a distribuição F ou por meio do p-valor. Para realizar o teste utilizando a distribuição F é feita uma comparação entre F_0 (equação 4) também chamado de F(calculado), e $F_\alpha(n_F, n_E)$ conhecido como o valor crítico de F (F_c), onde α simboliza o nível de significância apropriado, n_F e os graus de liberdade entre os tratamentos e n_E os graus de liberdade dentro dos tratamentos (CARDOZA e CORREIA, 2007).

$$F_0 = \frac{MQ_R}{MQ_r} \quad (4)$$

Se o valor de F_0 exceder o valor de F_c ($F_0 > F_c$) para um determinado nível de confiabilidade α , rejeita-se a hipótese nula e os fatores são considerados significativos. Outra forma de validar o teste de hipóteses é utilizar o p-valor, portanto, quando o p-valor $< \alpha$, rejeitase H_0 , caso contrário não se rejeita a hipótese de nulidade, ou seja, a conclusão é de que não há evidências significativas entre os tratamentos ao nível α de significância escolhido (OLIVEIRA *et.al*, 2014).

A partir dos parâmetros calculados na ANOVA é possível criar um modelo para o experimento através da técnica de regressão. Quando utilizada a fim de apoiar o planejamento de experimentos, é uma ferramenta muito eficiente, pois descreve modelos estatísticos que quantificam a influência das variáveis de entrada do processo para prever as variáveis de saída. O modelo de regressão geral de um experimento planejado é dado pela equação (5) abaixo, onde Y representa a variável dependente (variável resposta), as variáveis independentes (fatores) são representadas por x_1, x_2, \dots, x_n e ε é o termo referente ao erro. O parâmetro β_0 é a interseção no plano e β_1, β_2 e β_n são os coeficientes parciais da regressão.

$$Y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n + \varepsilon \quad (5)$$

Para medir a eficiência da descrição da variável resposta pelos fatores escolhidos para compor o modelo de regressão, deve-se calcular o coeficiente de determinação do modelo (R^2) descrito pela equação (6), que é uma medida da quantidade de redução na variabilidade Y , obtida pelo uso dos regressores x_1, x_2, \dots, x_n . O intervalo de variação desse coeficiente é de zero a um ($0 \leq R^2 \leq 1$) e quanto maior for a fração descrita pela regressão, melhor será o ajuste do modelo, ou seja, quanto mais perto de 1 estiver o valor de R^2 , melhor as respostas observadas terão sido ajustadas pelo modelo (MONTGOMERY e RUNGER, 2003 *apud* PIMENTA *et al.*, 2014).

$$R^2 = \frac{SQ_R}{SQ_T} = \frac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \quad (6)$$

3. Metodologia

3.1. Classificação da Pesquisa

Existem diversas classificações feitas sobre os tipos de pesquisa existentes. Esses estudos são usualmente categorizados mediante a análise de determinados critérios. Sendo assim, quanto a utilização dos resultados finais, a pesquisa pode ser básica ou aplicada; quanto a forma de abordagem do problema, pode vir a ser qualitativa ou quantitativa; quanto a finalidade, pode ser exploratória, descritiva ou explicativa; com relação aos métodos mais comuns de coleta de dados adotados, ela pode ser bibliográfica, documental, experimental, um levantamento (*survey*), um estudo de caso, uma pesquisa de campo, um estudo *ex-post facto* ou uma pesquisa-ação (VIANELLO, 2013; PRODANOV e FREITAS, 2013).

No que tange a natureza, essa pesquisa é considerada básica, pois neste primeiro momento, ela apresenta apenas o intuito de gerar conhecimento a respeito do problema, não possuindo aplicação prática prevista (VIANELLO, 2013). Com relação a abordagem, a pesquisa possui um caráter qualitativo, principalmente pelo fato de os dados levantados não serem analisados quantitativamente, e sim pelo o método indutivo através da avaliação subjetiva dos dados coletados (PRODANOV e FREITAS 2013). Ou seja, esse estudo apresenta caráter qualitativo, pois a elaboração e escolha das atividades práticas que serão apresentadas, ocorrerão mediante uma avaliação teórica dos dados coletados, sem a utilização de técnicas matemáticas.

Tomando como base os tipos de procedimentos utilizados para a realização da pesquisa, o método adotado por esse trabalho apresenta características predominantes de um estudo de caso. Essa metodologia é caracterizada pela realização da coleta e análise de informações sobre determinado assunto através de um estudo profundo e detalhado, com o intuito de explorar e conhecer melhor o problema de pesquisa. Para tanto, o principal objetivo desse trabalho é gerar uma compreensão melhor sobre a disciplina ENP526, bem como sobre os possíveis recursos a serem utilizados com a finalidade de elaborar as atividades práticas experimentais.

Contudo, esse estudo também apresenta indícios das pesquisas documental e bibliográfica, pois ele também recorre ao uso de materiais já publicados, bem como outros documentos, divulgados ou não, para a extração das principais informações e elaboração dos resultados que serão apresentadas nesse trabalho (PRODANOV e FREITAS 2013).

Quanto aos objetivos mais gerais da pesquisa, pode-se classificar a mesma como uma pesquisa exploratória, por possuir a finalidade de oferecer detalhes sobre o assunto que irá ser investigado, possibilitando sua uma melhor definição e delineamento, bem como a formulação de hipóteses (GIL, 2002). Dessa forma, o presente trabalho pretende esclarecer e informar melhor sobre o problema proposto, assim como oferecer também informações e sugestões a respeito de atividades práticas, para serem utilizadas a fim de aprimorar as técnicas de ensino-aprendizagem aplicadas atualmente na disciplina de Planejamento de Experimentos Industriais.

3.2. Passo a Passo da Pesquisa

Inicialmente, foram reconhecidas as possibilidades de aplicação de diversos tipos de atividades práticas na disciplina de Planejamento de Experimentos Industriais. Entretanto, com o intuito de cumprir os principais objetivos desse estudo, foram realizadas reuniões que contaram com a presença das professoras orientadoras deste trabalho, com a intenção de filtrar a escolha das atividades práticas a serem propostas, limitando-as à infraestrutura do campus, bem como a outros recursos que fossem acessíveis aos estudantes, pactuando também de forma abrangente com o conteúdo teórico da disciplina.

Logo, para que um ambiente conhecido pelos estudantes fosse escolhido e o objetivo de obter uma metodologia complementar com conceitos que os alunos já estivessem familiarizados conseguisse ser alcançado, optou-se pela seleção de atividades que pudessem ser realizadas nos laboratórios de Física e Química do campus. Isso fez com que a escolha dos exercícios práticos experimentais fosse embasada nos experimentos aplicados atualmente no ICEA e, portanto, se tornassem restritos aos materiais e a infraestrutura pertencente a esses laboratórios.

Algumas informações a respeito da disciplina ENP526 foram analisadas, de forma que fossem recolhidos dados relativos: aos conteúdos estudados pelas disciplinas, a distribuição de carga horária, a capacidade de lotação das salas de aula, entre outros. Da mesma forma, foram estudados detalhes relacionados as atuais metodologias de ensino adotadas pela disciplina, a sugestão de metodologias complementares e de como seria a distribuição das atividades práticas propostas na carga horária semestral do curso.

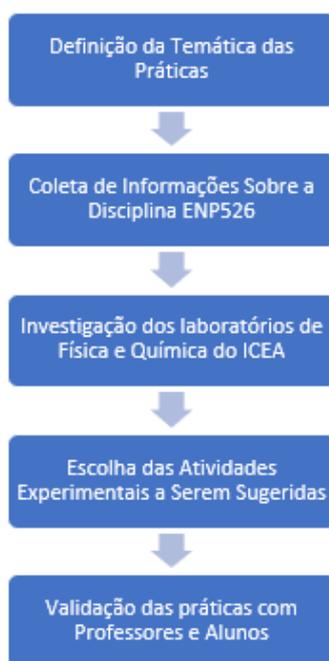
Optou-se também por investigar os laboratórios de Química e Física, com o propósito de descobrir quais atividades experimentais são aplicadas atualmente em cada um deles, como também obter outras informações relevantes, referentes a infraestrutura desses laboratórios, para apoiar a escolha dos exercícios experimentais. Desse modo, também foram levantadas

algumas possibilidades de atividades práticas de Física e Química, a serem modificadas e adaptadas para a realidade do planejamento de experimentos.

Através da avaliação de todas essas informações levantadas, foram realizadas as análises dos dados dessa pesquisa, por meio de um método subjetivo, sem a utilização de técnicas matemáticas, com o intuito de escolher atividades práticas coerentes para a disciplina ENP526. Por fim, de forma a contemplar ainda todos os objetivos iniciais apresentados na introdução desse trabalho houve por último, a validação da metodologia que será proposta pelos alunos, professores e técnicos dos laboratórios.

Com o intuito de sintetizar o que foi explanado anteriormente e facilitar a visualização das etapas necessárias a conclusão dessa pesquisa foi elaborado um fluxograma representado pela figura 3.

Figura 3 - Fluxograma do Passo a Passo da Pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora

3.3. Método de Coleta de Dados

As informações pertinentes ao conteúdo programático, a distribuição da carga horária e a capacidade máxima de lotação das turmas de Planejamento de Experimentos Industriais foram

extraídas do *website* do ICEA, através da ementa da disciplina e das informações contidas na área horários de aula por departamento (DEENP) do campus.

Os conhecimentos a respeito da atual metodologia de ensino da disciplina ENP526; sobre quais metodologias complementares seriam úteis para auxiliar o desenvolvimento da disciplina e da forma de organização de atividades práticas experimentais na carga horária semestral do curso foram extraídos das respostas de um questionário. Esse instrumento de coleta de informações encontra-se no Anexo 1 desse trabalho e foi aplicado a um professor que já lecionou a disciplina em estudo e ao atual professor de Controle Estatístico de Qualidade (ENP141), matéria que apresenta em seu conteúdo programático alguns conceitos da ferramenta de Planejamento Fatorial.

Esse questionário continha cinco questões, das quais três indagavam a respeito de métodos de ensino para o Planejamento Experimental. As outras duas perguntas eram sobre a metodologia que será proposta nesse trabalho e serão abordadas com maior profundidade na etapa de validação das sugestões de exercícios práticos. A primeira das três questões era sobre quais metodologias de ensino os professores utilizavam para ensinar o conteúdo do planejamento fatorial; a segunda, quais metodologias seriam úteis para complementar o ensino desse conteúdo e a terceira a respeito do alinhamento das práticas na carga horária da disciplina.

Os dados referentes aos laboratórios de Química e Física foram obtidos através de entrevistas estruturadas realizadas por e-mail com os técnicos dos dois laboratórios, mediante a aplicação de um questionário que continha oito questões disponibilizado no Anexo 2. É importante ressaltar que a aplicação desse questionário ocorreu entre os meses de janeiro e junho do ano de dois mil e dezoito.

A primeira pergunta foi a respeito das disciplinas atendidas por cada um dos laboratórios; a segunda questionava sobre os professores que faziam uso dos laboratórios; a terceira indagava sobre quais eram os técnicos responsáveis pelos laboratórios; a quarta inquiria acerca de quais práticas eram aplicadas; a quinta almejava investigar a infraestrutura do laboratório e sobre os seus materiais de apoio; a sexta averiguava qual era a capacidade de lotação máxima dos laboratórios; a sétima procurava saber sobre o quanto o laboratório era utilizado e a oitava e última questão interrogava os técnicos sobre a possibilidade de inclusão de mais uma disciplina na utilização dos laboratórios.

As opções de exercícios práticos a serem adaptados e escolhidos para a disciplina em estudo foram levantadas por meio de reuniões com o técnico do laboratório de Química e com a professora de Química Geral, que forneceu roteiros já utilizados por ela em suas aulas práticas

e sugeriu outras fontes de consulta, como por exemplo, livros de atividades experimentais de Química. Já os experimentos de Física foram construídos com o auxílio do atual técnico do laboratório de Física, utilizando como base as atividades práticas que são aplicadas no laboratório.

Para validar a metodologia proposta por esse trabalho foram apresentadas duas das quatro práticas sugeridas aos alunos do curso de Controle Estatístico da Qualidade, que como já foi explicado anteriormente fornece uma breve explicação de alguns conceitos vistos na disciplina de Planejamento de Experimentos Industriais. Esses alunos foram divididos em dois grupos, um contendo oito pessoas e o outro dezoito. O grupo menor foi para o laboratório de Química e o maior para o de Física. E então, foi executado um experimento fatorial de 2^2 , ou seja, de dois fatores e dois níveis em cada um dos laboratórios.

Após executarem os experimentos, os alunos dos dois grupos se encontraram no laboratório de Física, onde o professor da disciplina ENP141 analisou os resultados da prática de Física no *software* estatístico *Minitab*, concluindo assim todas as etapas do Planejamento Experimental. Por fim, foi aplicado aos alunos da disciplina um questionário que continha seis perguntas representado no Anexo 3.

A primeira delas era sobre qual método de ensino o professor utilizava para ensinar a matéria; a segunda, a respeito de qual metodologia eles achavam interessante adotar para a complementação das aulas expositivas; a terceira, indagava acerca da relevância das atividades interdisciplinares propostas; a quarta, sobre o entendimento do conteúdo de Física e Química e quinta e última pergunta era a respeito de qual método os alunos prefeririam utilizar para praticar as ferramentas do Planejamento Experimental.

Com o intuito de concluir o processo de validação da metodologia proposta foram perguntadas ao professor que lecionou a disciplina ENP526 e ao atual professor do curso ENP141, algumas questões acerca do domínio conteúdo de Física e Química apresentado nas práticas e sobre qual era a opinião deles a respeito da metodologia proposta.

3.4. Método de Análise de Dados

Para a seleção das atividades práticas a serem propostas neste trabalho foi adotado o seguinte método de análise: uma confrontação teórica entre os dados coletados e as possíveis candidatas a atividades práticas. Portanto, haverá uma avaliação do conteúdo programático do curso, juntamente com: os meios disponíveis para a realização das atividades (infraestrutura,

materiais) nos laboratórios de Química e Física do ICEA; a capacidade de lotação; os tipos de atividades realizadas, entre outros.

A partir de então, ocorrerá a escolha das atividades práticas experimentais, de modo que os exercícios práticos candidatos levantados no processo de elaboração dessas atividades sejam coerentes com os dados levantados para este fim. Já para a validação da proposta de metodologia apresentada os dados também serão analisados de forma subjetiva. Em relação ao questionário aplicado com os alunos da disciplina de Controle Estatístico da Qualidade, a análise foi feita a partir de gráficos gerados pelo *software* Excel. E a análise das questões respondidas pelos professores será feita através de uma breve interpretação e comparações das ideias nas respostas fornecidas por eles.

4. Apresentação e Análise dos Resultados

4.1. A disciplina de Planejamento de Experimentos Industriais (ENP526)

A disciplina de Planejamento de Experimentos Industriais (ENP526) compõe a grade curricular do curso de Engenharia de Produção do ICEA é oferecida pelo DEENP e faz parte de uma lista de opções de matérias eletivas do curso de Engenharia de Produção extraídas também da matriz curricular de ensino. Há cada semestre, alguns cursos dessa lista são escolhidos e disponibilizados para abertura de matrículas do sistema da UFOP.

Assim, a partir do oitavo período, os alunos devem escolher até a conclusão do curso, cinco dessas disciplinas para poderem frequentar as aulas. É importante ressaltar que a matéria ENP526 aparece com frequência nas disciplinas eletivas oferecidas pelos DEENP e é lecionada por professores da área da Gestão da Qualidade do curso.

A disciplina de Planejamento de Experimentos Industriais visa atender principalmente, a necessidade de manter os processos produtivos sob controle, verificando assim quais fatores realmente possam vir a perturbar o sistema de produção. Isso acontece através do controle e mensuração da influência de certos fatores, por meio da utilização de técnicas estatísticas específicas, sobre uma variável já predeterminada pelos especialistas da área.

Sendo assim, a tabela 1 resume parâmetros significativos sobre essa disciplina, como por exemplo, a carga horária semestral (horas-aula), que consiste em 4 aulas de 50 minutos por semana, distribuídas em dezoito semanas de curso. Há também a capacidade de lotação da turma, ou seja, a quantidade por semestre de alunos que a sala de aula da disciplina consegue comportar. Por fim, será apresentada a divisão da carga horária semanal de 4 aulas, separadas entre aulas teóricas e práticas.

Tabela 1 - Parâmetros da disciplina ENP526

Código da Disciplina	Carga-Horária Semestral	Carga-Horária Semanal (T+P)	Capacidade de Lotação
ENP526	72 horas-aula	T =4	40 alunos
		P = 0	

Fonte: Elaborada pela autora

Na tabela 2 a seguir, encontra-se o conteúdo programático, contendo um resumo dos principais tópicos desenvolvidos durante o semestre para a disciplina de Planejamento de

Experimentos Industriais, conforme o que consta na ementa da disciplina. Sendo assim, esses tópicos foram resumidos com o intuito de fornecer uma breve ideia dos conceitos que são abordados ao longo do semestre letivo desse curso.

Tabela 2 - Tópicos Conceituais da Disciplina ENP526

Código da Disciplina	Conteúdo
ENP526	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução ao Planejamento e Análise de Experimentos • Experimentos completamente aleatorizados com um único fator • Experimentos aleatorizados em blocos completos • Experimentos fatoriais com dois ou mais fatores • Experimentos hierárquicos • Experimentos envolvendo dois fatores com restrição na aleatorização • Experimentos Fatoriais fracionados • Métodos e planejamentos de superfície de resposta

Fonte: Elaborada pela autora através da ementa da disciplina ENP526

De acordo com as respostas obtidas pelo questionário aplicado aos docentes, pode-se reforçar que das técnicas de ensino adotadas pelo professor que já lecionou a disciplina, as mais utilizadas foram aulas expositivas e trabalho em grupo, nos quais os alunos deveriam escolher um experimento para que pudessem executar todas as etapas do planejamento experimental. Além dessas metodologias, ele relatou que também fazia uso de exemplos práticos contextualizados para que os alunos conseguissem visualizar melhor os conceitos da ferramenta.

Já o professor de Controle Estatístico de Qualidade (ENP141) quando perguntado sobre qual metodologia escolheu aplicar para ensinar o conteúdo do planejamento experimental, ele declarou que somente aulas expositivas e as atividades práticas experimentais propostas nesse trabalho foram utilizadas. Entretanto, é importante ressaltar novamente, nesse caso, que a disciplina ENP141, fornece apenas uma explicação resumida de alguns tópicos da ferramenta e não aprofunda tanto em detalhes como a disciplina eletiva ENP526.

Quando perguntados sobre quais outras metodologias além das aulas expositivas eles achavam válidas empregar para explicar os tópicos do planejamento experimental, ambos

destacaram que as aulas práticas experimentais seriam bem interessantes, nesse caso. Acrescentaram ainda que a discussão de artigos científicos relacionados ao tema e a utilização de *softwares* estatísticos também eram muito importantes para o processo de ensino-aprendizagem desse conteúdo.

4.2. Infraestrutura para a Realização das Atividades Práticas

Os dados que serão apresentados a seguir foram obtidos por um questionário já previamente descrito no capítulo que apresenta a metodologia desse trabalho, mais precisamente na seção de métodos de coleta de dados. Foram levantadas através das respostas obtidas por intermédio desse questionário, parâmetros relacionados a alguns elementos pertencentes a esses locais, que serão utilizados com o intuito de apoiar a escolha das atividades práticas experimentais da disciplina de Planejamento de Experimentos Industriais.

Para facilitar a exposição desses dados foram elaboradas três tabelas. A primeira delas, a tabela 3, exhibe dados referentes às disciplinas atendidas atualmente pelos laboratórios, professores que o utilizam, técnicos responsáveis por eles, capacidade de lotação dos mesmos e sobre o quanto o laboratório é utilizado no dia-a-dia. A possibilidade de inclusão de outra disciplina para ser atendida pelos laboratórios também foi questionada e as respostas obtidas estão exibidas na última coluna dessa tabela.

Tabela 3 - Parâmetros Referentes aos Laboratórios de Química e Física do ICEA

Laboratório	Disciplinas Atendidas	Professores	Técnicos	Capacidade Máxima	Utilização	Inclusão
Química	Química Geral	Professores da Química Geral do ICEA	Reginaldo José Madalena Moreira	48 alunos	Moderada	Sim
Física	Físicas I, II, III e IV	Professores da Física do ICEA	Miguel Monteiro Costa	48 alunos	Frequente	Sim

Fonte: Elaborada pela autora com base nas respostas do questionário aplicado

A tabela 4 a seguir, apresenta os temas das principais atividades práticas experimentais de cada uma das disciplinas que são atendidas pelos laboratórios. É importante ressaltar que

estão expostas apenas as atividades práticas de disciplinas já conhecidas pelos alunos do curso de Engenharia de Produção, como por exemplo, Química Geral e as Físicas I, II e III, portanto as atividades experimentais referentes a disciplina de Física IV não se encontram expostas a seguir.

Tabela 4 - Atividades Práticas Realizadas nas Disciplinas Atendidas pelos Laboratórios de Química e Física do ICEA

Laboratório	Disciplina	Atividade Prática
Física	Física I	Movimento Retilíneo Uniforme Movimento Retilíneo Uniformemente Variado Conservação do momento linear Lei de Hooke
	Física II	Capacitores de Placas Paralelas Carregamento e descarregamento de um capacitor Circuitos elétricos Transformadores Medição de Indutância
	Física III	Calorimetria Dilatação Térmica Força de Empuxo Lei de Boyle Ondas estacionárias Pêndulo Simples Pêndulo Físico

Química	Química Geral	Utilização da Balança Analítica e Aferição de Vidrarias Obtenção do Cloreto de Sódio Preparo de Soluções Padronização de Soluções Determinação do Teor de Ácido Velocidade das Reações Químicas Equilíbrio Químico Eletroquímica
---------	---------------	---

Fonte: Elaborada pela autora com base nas respostas do questionário aplicado

Por fim, as tabelas 5 e 6 expõe os principais recursos pertencentes aos laboratórios de Química e Física do ICEA. Sendo assim, os principais materiais e equipamentos utilizados para a realização das atividades práticas experimentais nesses locais estão listados abaixo. Apesar de extensa, essa relação de itens apresenta apenas a relação de alguns dos bens duráveis desses laboratórios.

Tabela 5 - Materiais Duráveis Pertencentes ao Laboratório de Física do ICEA

Laboratório	Recursos	
Física	Agitador Magnético	Conjunto para Pêndulo Físico
	Alicate Bomba D'agua	Conjunto para Raias Espectrais
	Alicate de pressão Cromado	Conjunto para Termodinâmica
	Alicate Multímetro	Cronometro
	Analizador de Potência	Decibelímetro Digital
	Anemômetro	Diapasão
	Balança Digital	Dinamômetro de Mola
	Banco Óptico	Dosímetro Digital
	Bomba de Amostragem	Estroboscópio Digital
	Bomba de Aspiração	Fita Métrica
	Calibrador de Bolhas	Fonte de Alimentação
	Calorímetro de Água	Fonte digital
	Capacímetro Digital	Frequencímetro Digital
	Conjunto de Capacitor Variável	Giroscópio
	com Placas Paralelas Conjunto de	Termômetro Digital
	Eletricidade	Luxímetro Digital

	Conjunto de Figuras Planas	Medidor de Energia Elétrica
	Conjunto de Mecânica	Medidor de Luz Ultravioleta
	Conjunto de Trilhos de Ar e Queda de Corpos	Medidor de Temperatura e Vento
	Conjunto Gaseológico	Multímetro
	Conjunto para Dilatação	Micrometro
	Conjunto para Eletromagnetismo	Osciloscópio
	Conjunto para Leis de Hooke e Princípios de Arquimedes	Paquímetro
	Conjunto para Dilatação	Radiômetro
	Conjunto para Ondas Mecânicas	Régua
		Termômetro
		Vibrador Magnético

Fonte: Elaborada pela autora com base nas respostas do questionário aplicado

Tabela 6 - Bens duráveis pertencentes ao Laboratório de Química

Laboratório	Recursos	
Química	Agitador Magnético Almofariz com Pistilo Anel ou Argola Balança Analítica Precisão Balança Digital Balança digital comum precisão Balão de Fundo Chato Balão de Fundo Redondo Balão Volumétrico Banho ultrassônico Béquer Bico de Bunsen Bomba de Vácuo Bureta Cadinho Capela Capela de exaustão Capsula de Porcelana Centrífuga Chapa Elétrica Condensador Cronometro Deionizador	Dessecador Destilador Erlenmeyer Estante para tubo de Ensaio Estufa Funil de Buncher Funil de Haste Longa Funil de Separação Garra de Condensador Kitasato Manta aquecedora Peagâmetro digital Pinça de Madeira Pinça Metálica Pipeta Graduada Pipeta Volumétrica Pisseta ou Frasco Lavador Proveta ou Cilindro Graduado Suporte Universal Tela de Amianto Tripé Tubo de Ensaio Vidro de Relógio

4.3. Proposição das Atividades Práticas Experimentais

Através da análise dos dados coletados anteriormente no trabalho, foram elaboradas quatro atividades práticas experimentais, das quais duas utilizam conceitos das disciplinas de Física e o restante delas envolvem princípios conceituais do curso de Química Geral. Os tópicos dos cursos de Física II e Física III empregados foram lei de Kirchhoff das tensões e mecanismos do pêndulo simples. Para as práticas que envolvem a química foram abordados conceitos de cinética e catálise.

Cada uma das atividades práticas propostas a seguir contém uma breve introdução sobre os conceitos de física e química utilizados, como também o objetivo do experimento, os materiais necessários para realizá-los e os procedimentos de execução envolvidos. Dessa forma, com o intuito de determinar a quantidade de aulas destinadas a aplicação dessas práticas, foram analisadas novamente as respostas dos professores entrevistados.

Quando indagados sobre as atividades elaboradas e o mecanismo de conciliação das mesmas com a carga horária de suas disciplinas, o professor do curso de ENP526 relatou que utilizaria pelo menos 25% da carga horária semestral da matéria para aplicar as atividades propostas. Já o professor de Controle Estatístico da Qualidade disse que separaria seis aulas semestrais para a aplicação das práticas, das quais, duas seriam destinadas ao ensino do conteúdo e o restante para a execução de duas das atividades práticas propostas.

4.3.1. Planejamento Fatorial 2^2 aplicado a conceitos da Lei de Kirchhoff das Tensões (LKT)

Introdução

Os circuitos elétricos são governados por duas leis básicas que decorrem diretamente das leis de conservação de carga e da energia existente nos circuitos. Essas leis estabelecem relações importantes entre as tensões e correntes juntamente com os diversos elementos pertencentes aos circuitos.

A primeira delas, a Lei de Kirchhoff das Correntes (LKC) determina que a soma das correntes que entram em um nó é igual a soma das correntes que saem deste ponto. Já a segunda lei é conhecida como Lei de Kirchhoff das Tensões (LKT) e ela pressupõe que a soma algébrica das tensões em um percurso fechado qualquer é igual a tensão total que está sendo fornecida para esse percurso (SANTOS, 2011).

Objetivos

O principal objetivo dessa atividade experimental é aplicar os conhecimentos dos alunos sobre o planejamento fatorial 2^2 , através do auxílio de conceitos da Lei de Kirchhoff das Tensões, estudados na disciplina de Física II. Desse modo a prática proposta, avaliará a influência estatística dos fatores comprimento dos fios condutores e quantidade de interruptores na tensão fornecida a um circuito fechado por meio uma fonte de corrente contínua.

Serão realizadas oito rodadas experimentais, pois serão registradas oito réplicas de cada uma das combinações de fatores. Segue abaixo a matriz experimental dessa prática.

Tabela 7 - Matriz Experimental da Prática de LKT

Matriz Experimental			
Fatores		Variável Resposta	
		$V_T = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3}$	
Comprimento dos Condutores	Quantidade de Interruptores	Replicação 1	Replicação 2
0,5m	1		
10m	5		
0,5m	5		
10m	1		

Fonte: Elaborada pela autora

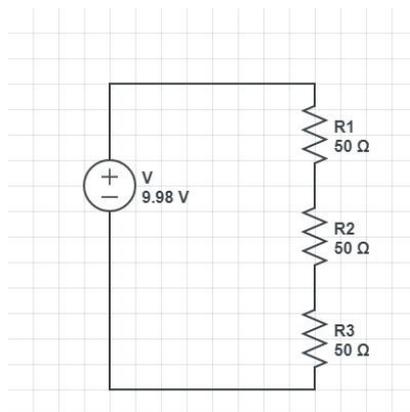
Materiais

- Fonte CC
- Trena
- Quadro eletrônico CC e CA (*protoboard*)
- Multímetro
- 6 resistores de 100 Ω
- Cabos de conexão
- Interruptores

Procedimentos

- a) Configurar o circuito de acordo com a figura abaixo.

Figura 4 - Circuito Elétrico Elaborado para a Prática



Fonte: Elaborado pela autora.

- b) Altere os fatores comprimento dos cabos de conexão e quantidade interruptores, de acordo com o que estiver estabelecido na matriz experimental.
- c) Meça a tensão em cada resistor e anote os resultados.
- d) Faça a soma das tensões encontradas em cada um dos resistores e verifique a Lei de Kirchhoff das Tensões.

4.3.2. Planejamento Fatorial 2^3 aplicado a conceitos do Pêndulo Simples

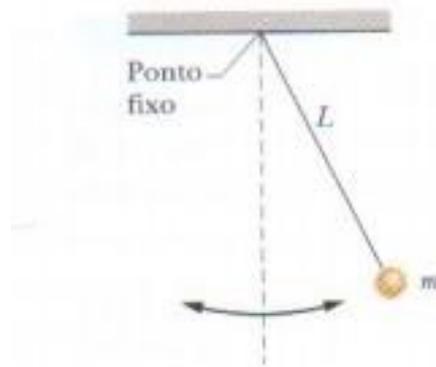
Introdução

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2009), os movimentos oscilatórios estão presentes em diversas situações do nosso dia-a-dia. Esse movimento ocorre basicamente, quando objetos se movem de um lado para o outro. O estudo e controle dessas oscilações são objetivos importantes da ciência e da engenharia. Um exemplo de um movimento oscilatório é o embalo sofrido por edifícios de uma cidade, quando ocorre um terremoto em alguma localidade vizinha.

Na classe dos movimentos oscilatórios, encontra-se o tipo mais básico de oscilação que é o movimento harmônico simples. Ele ocorre quando acontece uma movimentação em uma determinada partícula e a esta é sujeita a uma força proporcional ao deslocamento da partícula e de sinal oposto. Molas e gangorras, por exemplo, se movem dessa forma.

O pêndulo simples faz parte de um dos tipos mais elementares do movimento oscilatório. Ele pertence à classe do movimento harmônico simples, no qual a força de retorno está associada a força de gravitação e não as propriedades elásticas de um fio ou de uma mola. Porém, esse fenômeno só ocorrerá se o movimento realizado for restrito a pequenas oscilações com ângulos de abertura de pêndulo muito pequenos.

Figura 5 - Exemplo de um Pêndulo Simples



Fonte: (HALLIDAY; RESNICK e WALKER, 2009)

A equação que mede o período do pêndulo simples, isto é, o tempo entre o movimento de vai e vem é $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$. Onde, l é o comprimento do fio entre o suporte e o corpo de prova e g é a aceleração da gravidade.

Objetivos

A finalidade dessa prática é verificar a influência dos fatores ângulo de abertura, tipo de corda e material do corpo de prova na variável resposta tempo de oscilação, ou seja, no período que o pêndulo leva para completar um vai e vem completo. O experimento precisará de dezesseis rodadas, pois as oito combinações de fatores serão replicadas duas vezes.

Segue abaixo a matriz experimental dessa atividade prática.

Tabela 8 - Matriz Experimental da Prática do Pêndulo Simples

Matriz Experimental				
Fatores			Variável Resposta T = média de 10 períodos de oscilação	
Ângulo de Abertura	Tipo de Corda	Material do Corpo	Replicação 1	Replicação 2
8°	Anzol	Papel		
15°	Linha de Costura	Metal		

8°	Linha de Costura	Papel		
15°	Anzol	Metal		
8°	Anzol	Metal		
15°	Linha de Costura	Papel		
8°	Linha de Costura	Metal		
15°	Anzol	Papel		

Fonte: Elaborada pela autora

Materiais

- Suporte para o pêndulo
- Esfera de isopor
- Esfera de metal
- Transferidor
- Diferentes tipos de linha

Procedimentos

- Ajuste os parâmetros do conjunto da prática pêndulo de acordo com cada configuração disposta para cada rodada, fornecida pela matriz experimental.
- Após realizar o ajuste dos parâmetros execute o experimento e cronometre o tempo que o corpo de prova levará para efetuar um vai e vem completo.
- Meça 10 períodos de oscilação para estimar o valor resposta de cada tratamento.

4.3.3. Planejamento Fatorial 2² aplicado a conceitos de Cinética Química

Introdução

Reações químicas são processos nos quais uma ou mais substâncias se convertem em outras substâncias. Os materiais iniciais que se combinam são chamados de reagentes e as substâncias geradas pela combinação desses componentes são denominadas produtos. É

importante ressaltar que as reações químicas acontecem não somente de forma estratégica para fins comerciais, elas estão presentes por exemplo, em acontecimentos cotidianos como no processo de corrosão de um metal, digestão de alimentos e cicatrização de uma ferida (ATKINS e JONES, 2012).

As velocidades das reações químicas podem ser extremamente lentas ou rápidas, dependendo assim da presença de alguns fatores. Conseqüentemente, o estudo desses fatores que influenciam as velocidades das reações tem aplicações práticas muito importantes. Sendo assim, a velocidade de uma reação é determinada principalmente: pelas propriedades dos reagentes, concentração, temperatura, por substâncias que não são os reagentes e por áreas das superfícies que estão em contato com os reagentes (RUSSELL, 2000).

Objetivos

O objetivo principal dessa atividade prática é calcular a influência dos fatores temperatura, concentração e presença de catalisador na variável resposta tempo de reação da sacarose ($C_2H_{22}O_{11}$) com o permanganato de potássio ($KMnO_4$) em meio ácido (H_2SO_4). Esse experimento necessitará de oito rodadas, pois serão quatro combinações de fatores e mais duas replicações de cada combinação. Segue abaixo a matriz experimental da prática.

Tabela 9 - Matriz Experimental da prática de Cinética

Matriz Experimental			
Fatores		Variável Resposta tempo de reação (t)	
Concentração de $C_2H_{22}O_{11}$	Temperatura	Replicação 1	Replicação 2
Mais Concentrado	Ambiente		
Menos Concentrado	50°C		
Mais Concentrado	50°C		
Menos Concentrado	Ambiente		

Fonte: Elaborada pela autora

Materiais

- Béqueres de 50mL
- Pipeta graduada de 20mL
- Cronômetro
- Pipeta graduada de 10mL

- Rolhas de Borracha
- Termômetro
- Béquer 500mL
- Tubos de ensaio
- Suporte para tubos de ensaio
- Solução de KMnO_4 0,0025mol/L
- Solução de Sacarose 1mol/L
- Solução H_2SO_4 2mol/L
- Água destilada

Procedimentos

- a) Coloque dois tubos de ensaio em um suporte.
- b) Pipete para um desses tubos de ensaio a quantidade de água (se necessário), de solução de sacarose e ácido sulfúrico correspondente de acordo com a rodada definida pela matriz experimental. Por exemplo, se a solução de sacarose na rodada tiver que estar mais concentrada, pipete 12mL dessa solução e adicione 2mL da solução de H_2SO_4 no tubo de ensaio. Caso contrário pipete 8mL da solução de sacarose, adicione mais 4mL de água (H_2O) e 2mL da solução de H_2SO_4 .
- c) Pipete para o outro tubo 4mL da solução de permanganato de potássio KMnO_4 .
- d) Misture os dois tubos de ensaio em temperatura ambiente ou em banho maria, de acordo com o que estiver determinado pelo fator temperatura da rodada.
- e) Coloque uma rolha e agite a mistura.
- f) Cronometre o tempo da reação, que se encerrará quando a solução resultante ficar incolor.

4.3.4. Planejamento Fatorial 2^3 aplicado a conceitos de Catálise

Introdução

A velocidade de uma reação química pode ser alterada, de forma que o seu tempo de ocorrência seja diminuído por intermédio da adição de uma nova substância denominada catalisador. Esse componente não é consumido durante a reação e atua fornecendo um novo mecanismo ao processo, através da diminuição da energia de ativação necessária para ocorrer uma transformação química (RUSSELL, 2000).

Objetivos

O objetivo dessa atividade prática é estudar a influência dos fatores concentração de água oxigenada e tipo de catalisador sobre o tempo de ocorrência da reação de decomposição da água oxigenada. Esse experimento conterà oito rodadas, das quais quatro são resultantes dos primeiros resultados e o restante compreende a replicação do experimento. Segue abaixo a matriz experimental dessa atividade.

Tabela 10 - Matriz Experimental referente a prática de Catálise

Matriz Experimental			
Fatores		Variável Resposta tempo de reação (t)	
Concentração de H₂O₂	Tipo de catalisador	Replicação 1	Replicação 2
10 volumes	MnO ₂		
20 volumes	MnSO ₄		
10 volumes	MnO ₂		
20 volumes	MnSO ₄		

Fonte: Elaborada pela autora

Materiais

- Cronômetro
- Pipetas
- Tubo de Ensaio
- H₂O₂ 10 volumes
- H₂O₂ 20 volumes
- MnSO₄ (sulfato de manganês)
- MnO₂ (dióxido de manganês)

Procedimentos

- Separe um tubo de ensaio e adicione a ele cerca de 8mL de H₂O₂, de acordo com a concentração determinada pela rodada.

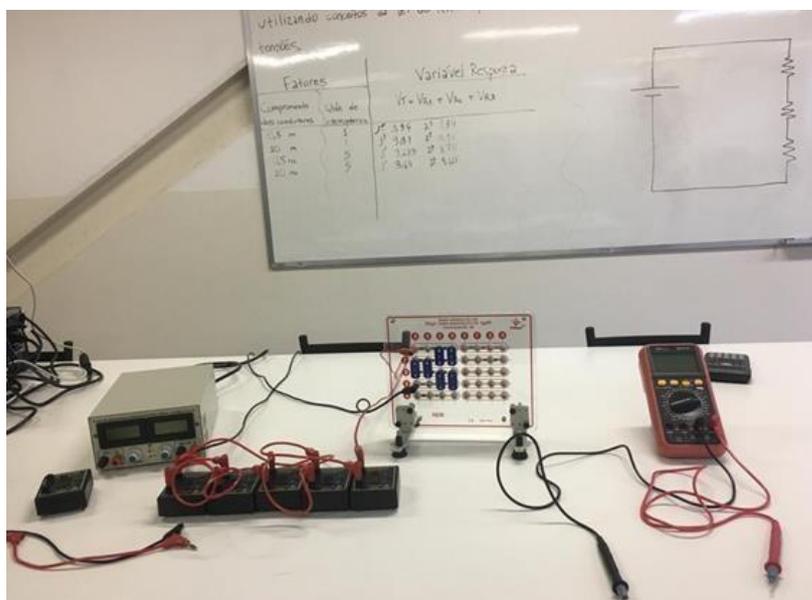
- b) Adicione uma pitada do catalisador escolhido, de acordo com o que já foi predeterminado.
- c) Chacoalhe o tubo e feche-o com uma rolha.
- d) Cronometre o período entre o início da reação até o final da mesma.

4.4. Processo de Validação das Práticas

4.4.1. Processo de Validação com os Estudantes

Para a validação da metodologia proposta por esse trabalho com os discentes da turma de Controle Estatístico de Qualidade dividiu-se a classe em dois grupos, que foram encaminhados aos laboratórios de química e física do campus. Dessa forma, foram executadas a prática referente a lei de Kirchhoff das tensões e a de cinética. Após a realização dos experimentos a turma foi reunida no laboratório de física, onde aconteceu a análise dos dados obtidos na prática de física representada na figura 6, pelo professor da disciplina através do uso do *software* Minitab. No final da aula, foi feita a aplicação do questionário, que continha cinco questões, a cada um dos vinte e seis alunos presentes.

Figura 6 - Configuração do Experimento de LKT



Fonte: Elaborada pela autora

A primeira pergunta procurava compreender um pouco mais sobre a percepção que os alunos tinham sobre a atual metodologia de ensino utilizada pelo professor para lecionar o conteúdo da ferramenta. O intuito era receber um retorno dos alunos sobre qual das técnicas de ensino era predominante no ensinamento do Planejamento Experimental. Dentre as alternativas

estavam aulas expositivas, expositivas participativas, discussão/debates, projetos/trabalhos e aulas práticas. A figura 7 abaixo apresenta a execução do experimento de cinética química, executado pelos alunos da disciplina ENP141.

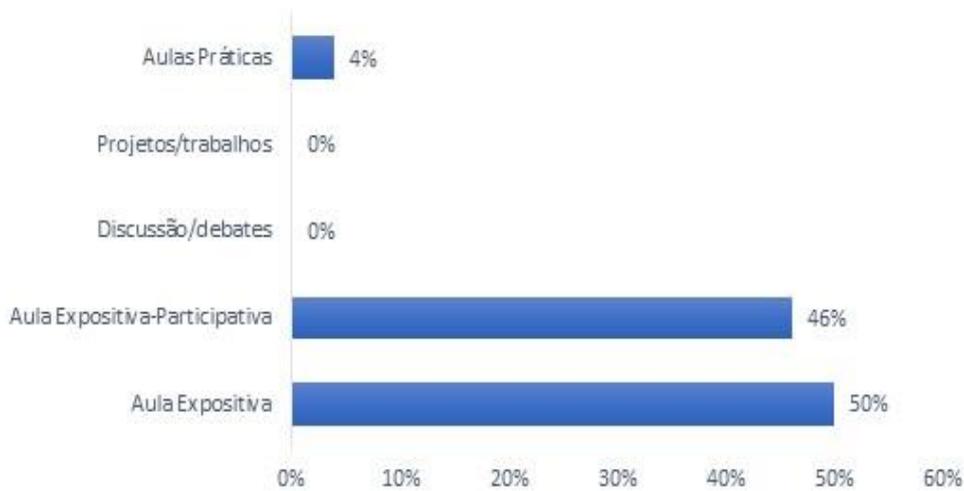
Figura 7 - Experimento de Cinética Executado pelos Alunos



Fonte: Elaborada pela autora

Conforme o exposto pela figura 8, a alternativa mais assinalada foi a aula expositiva, onde treze alunos optaram por essa resposta. A segunda, aula expositiva participativa, com doze respostas e a terceira, aulas práticas com apenas uma resposta. As alternativas remanescentes não obtiveram nenhuma marcação. Desse modo, pode-se concluir que, os estudantes têm a visão de que a metodologia teórica é a que predomina sobre a prática, o que fortalece ainda mais o problema de pesquisa desse trabalho.

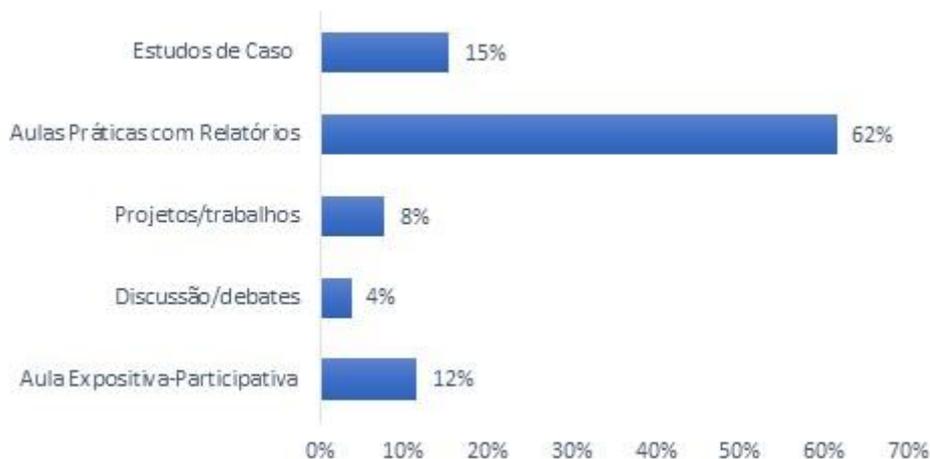
Figura 8 - Análise das Metodologias Utilizadas para o Ensino do Planejamento Experimental



Fonte: Elaborado pela autora

A segunda pergunta buscava investigar qual das opções de metodologias propostas, além das aulas expositivas seriam mais interessantes para complementar o ensino do planejamento experimental, na opinião dos alunos. Dentre elas estavam aulas expositiva-participativas, discussão/debates, projetos/trabalhos, aulas práticas com relatórios e estudo de caso. A alternativa mais escolhida foi a de aulas práticas com relatórios, onde dezesseis alunos assinalaram essa opção. As repostas podem ser conferidas por meio da figura 9.

Figura 9 - Análise das Metodologias Propostas pelos alunos para o Ensino do Planejamento Experimental



Fonte: Elaborado pela autora

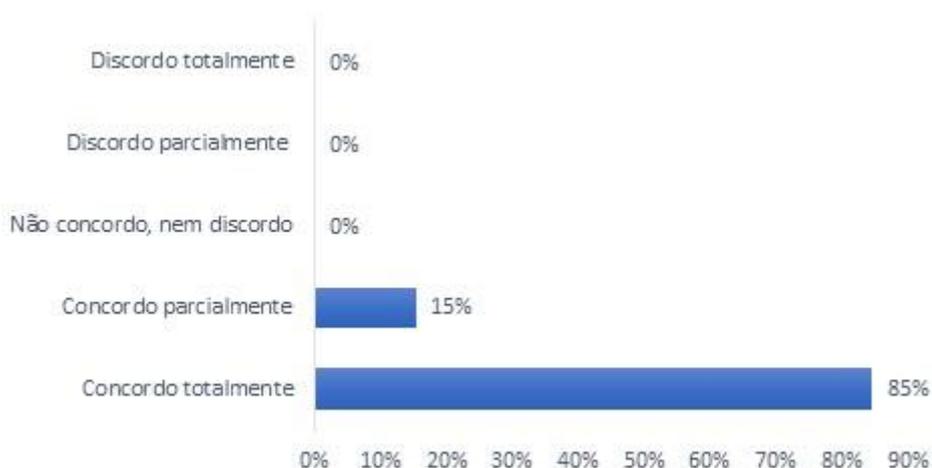
Esses resultados confirmam a validade do intuito desse trabalho que é o de propor aulas práticas experimentais como a solução do problema da disciplina de Planejamento de Experimentos Industriais. Pois na realidade processo de ensino-aprendizagem da disciplina

deveria ser mais equilibrado conciliando melhor a teoria e a prática. Para tanto a disciplina se tornaria um pouco mais dinâmica e faria com que os alunos vivenciassem todas as etapas da ferramenta ao longo do curso e não apenas ao final da disciplina em um trabalho prático.

A questão de número três procurava saber dos alunos se eles estavam de acordo com a aplicação das práticas interdisciplinares executadas e se achavam relevante, a escolha da física e da química como disciplinas base para a elaboração dessas atividades, visto que são duas matérias importantes para os cursos de Engenharia. Sendo assim, os alunos deveriam assinalar se eles concordavam totalmente, parcialmente; não concordavam, nem discordavam; discordavam parcialmente ou totalmente da ideia sugerida.

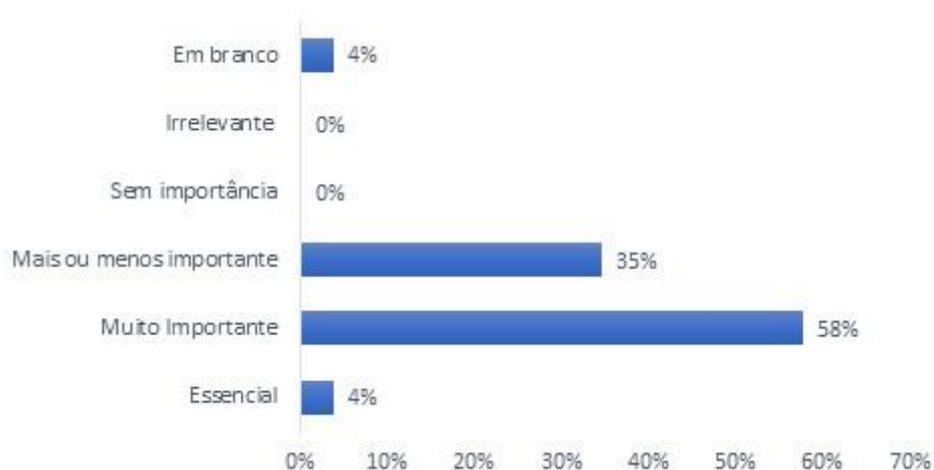
As repostas obtidas ilustradas pela figura 10, dividiram-se entre concordo totalmente e concordo parcialmente, vinte e duas pessoas a favor da primeira opção contra quatro da segunda. Ou seja, podemos concluir que os alunos concordam com os experimentos aplicados e com a ideia de trazer a interdisciplinaridade para esta causa, já que eles possam vir a enfrentar problemas que envolvam esses conceitos em suas vivências profissionais futuras.

Figura 10 - Análise da Proposição das Práticas Interdisciplinares de Química e Física



Fonte: Elaborado pela autora

A quarta pergunta era a respeito da percepção dos alunos a respeito do grau de domínio dos conceitos de física e química e se eles seriam um empecilho para a execução dos experimentos. Desse modo, os estudantes deveriam escolher se os conteúdos eram essenciais, muito importantes, mais ou menos importantes, sem importância ou irrelevantes. A figura 11 expõe os resultados acerca dessa questão.

Figura 11 - Análise da Importância do Domínio dos Conceitos de Física e Química

Fonte: Elaborado pela autora

A maioria das respostas convergiu para a opção muito importante, que obteve quinze marcações e a alternativa mais ou menos importantes, com nove marcações. Ou seja, isso significa que as práticas propostas necessitariam de uma breve explicação, que pode ser passada através dos roteiros ou com a ajuda dos técnicos na hora do experimento.

Na figura 12 encontram-se os resultados para a última pergunta formulada que tinha o intuito de receber um *feedback* dos alunos sobre como eles prefeririam praticar a ferramenta de planejamento experimental. Foram propostas três alternativas, sendo elas: fazer apenas a análise de dados utilizando um software estatístico; planejar, executar e analisar um experimento da escolha dos estudantes ou executar os experimentos propostos por esse trabalho.

Figura 12 - Análise do Método Preferido dos Discentes para o Ensino da Ferramenta



Fonte: Elaborado pela autora

Pode-se perceber que aproximadamente quarenta e seis por cento dos vinte e seis alunos disseram que prefeririam optar por escolher um experimento da preferência deles. Aproximadamente vinte e sete por cento dos discentes dividiram-se entre as outras duas opções restantes. Isso mostra que os alunos preferem estar à frente de todos os processos do Planejamento Experimental, planejando um experimento, executando e fazendo a análise do mesmo.

É importante ressaltar que apesar dos alunos terem escolhido outra metodologia a ser adotada pela disciplina, isso não invalida as opções de atividades propostas por esse trabalho, pois elas foram elaboradas para poderem ser aplicadas ao longo do curso e ajudar na preparação dos alunos. Elas possibilitaram uma melhor fixação dos conceitos da matéria pelos discentes ao invés de apenas executarem um trabalho ao final do curso e terem aulas expositivas na maior parte do tempo.

4.4.2. Processo de Validação com os Professores

A validação da metodologia proposta nesse trabalho com os docentes foi feita através do auxílio de duas questões apresentadas aos professores das disciplinas ENP526 e ENP141. A primeira questionava a opinião de ambos sobre o nível de dificuldade dos conceitos de física e química das práticas e a última pergunta se referia ao ponto de vista deles sobre os experimentos interdisciplinares propostos nesse trabalho.

O professor da disciplina ENP526, disse que os conceitos de física e química propostos pelas atividades práticas escolhidas não prejudicaria a execução das mesmas, visto que os alunos já teriam estudado esses conceitos, quando estivessem se matriculando para a disciplina

de Planejamento de Experimentos, pois a mesma é uma disciplina eletiva. Segundo o professor da disciplina ENP141, os conceitos de física e química propostos por esse trabalho são bem simples e podem ser explicados mediante uma pequena apresentação com o auxílio dos técnicos dos laboratórios.

Quando perguntados se acreditam que as práticas interdisciplinares propostas agregariam para o processo de ensino-aprendizagem da ferramenta, ambos responderam concordando que essas aulas práticas em conjunto com as aulas teóricas, aprimorariam a fixação do conteúdo pelos alunos; aumentaria o interesse dos mesmos pelas aulas e permitiria a vivência do processo de experimentação e não somente a análise de dados.

5. Conclusão

Esse trabalho teve o intuito de propor sugestões de atividades práticas didáticas para solucionar o problema da disciplina ENP526. A disciplina deveria possuir atividades práticas como uma das técnicas de ensino do curso, porém foi constatado o contrário. Atualmente, essa matéria é lecionada de um modo predominantemente teórico, contando apenas com o auxílio de aulas expositivas, softwares estatísticos e um trabalho prático.

Para isso, foram pesquisadas no campus possíveis disciplinas que poderiam ser fonte de dados e ideias para a elaboração das atividades práticas, propiciando dessa forma comodidade e acessibilidade de recursos para a execução das propostas. Dentre as opções viáveis encontradas destacaram-se as disciplinas relacionadas a química e a física. Dessa maneira, foram investigados os laboratórios utilizados por essas disciplinas para verificar se os recursos disponíveis, bem como outros parâmetros, estariam de acordo com os possíveis tipos de exercícios práticos candidatos.

Então, foi realizada uma confrontação de dados entre parâmetros referentes a disciplina ENP526, aos laboratórios e as possíveis candidatas a atividades práticas. Os exercícios experimentais escolhidos resultantes desse processo abordam conceitos simples do planejamento experimental e das disciplinas de química e física. A validação dessas propostas didáticas foi realizada com o auxílio de professores da área e alunos do curso de Controle Estatístico da Qualidade, que aborda sucintamente alguns tópicos da disciplina de Planejamento de Experimentos Industriais em seu conteúdo programático.

Através do processo de validação da metodologia proposta, pode-se verificar que a maioria dos alunos acredita que a utilização de práticas experimentais é a melhor forma de complementar as aulas expositivas para o ensino do planejamento de experimentos. Os discentes concordaram com a proposta interdisciplinar da utilização de conceitos de física e química nas práticas, mas disseram preferir escolher um experimento para planejar, executar e analisar, confirmando assim a consciência que eles possuem a respeito dos princípios da ferramenta.

Os professores não viram como empecilho a utilização de conceitos de física e química e ressaltaram ainda a importância dessa proposta no aumento do interesse dos alunos pelas aulas tornando o processo de ensino mais dinâmico e agradável. Das limitações encontradas, pode-se destacar a impossibilidade de aplicação das práticas na disciplina de Planejamento de

Experimentos Industriais, visto que a mesma não foi ofertada nos semestres em que esse trabalho estava sendo desenvolvido.

É importante destacar também que embora as atividades práticas sejam úteis para o ensino das disciplinas as mesmas têm de ser acompanhadas de outras estratégias e técnicas para que a construção do processo de ensino-aprendizagem seja ainda mais eficiente. Ainda assim, isso não implica no real aprendizado do estudante visto que, que esse processo só se consolidará se houver disposição e interesse por parte dos discentes.

Sendo assim, como uma sugestão futura de trabalho fica a tarefa de encontrar a melhor combinação de técnicas de ensino para serem incorporadas pela disciplina. Além disso, a produção de trabalhos relacionados a qualidade de ensino ainda é muito rara na Engenharia de Produção. Por isso, mais trabalhos desse tipo deveriam ser aplicados, não só nas disciplinas como também em outras áreas do curso, já que a qualidade do aprendizado influencia em muito no perfil de profissional que o mercado de trabalho deseja, ou seja, pessoas mais preparadas e atuantes.

Por fim, conclui-se que esse trabalho foi coerente com os objetivos propostos no início do estudo, visto que, a principal meta de propor atividades práticas experimentais que fossem coerentes com os conteúdos da disciplina foi alcançada. Desse modo, foram cumpridos também os objetivos de apresentar conceitos e procedimentos simples que respeitassem a infraestrutura do campus e os interesses de professores e alunos. Assim, a interdisciplinaridade abordada pelas práticas permitiu a integração dos conteúdos de matérias importantes da Engenharia de Produção, proporcionando uma visão mais abrangente e complementar das disciplinas para os discentes.

6. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, P. G. V. **Química Geral: Práticas Fundamentais**. Viçosa: UFV, 2001.

ARANDA, M. H.; JUNG, C. F.; CATEN, C. S. T. **Determinação dos Parâmetros Operacionais de uma Inovação Tecnológica Através da Utilização do Design of Experiments - DOE**. Revista Liberato (Novo Hamburgo), v. 10, p. 9-16, 2007. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/266011586_Determinacao_dos_parametros_operacionais_de_uma_inovacao_tecnologica_atraves_da_utilizacao_do_Design_of_Experiments_DOE>. Acesso em 30 jun. 2019

ATKINS, P.W.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BARROS NETO, B. D; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como Fazer Experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 2ª. ed. Campinas: Unicamp, 2001.

CALADO, V.; MONTGOMERY, D. C. **Planejamento de Experimentos usando o Statística**. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2003.

CAMARGO, L. F. R.; MOREIRA, V.; VACCARO, G. L. R. **Aplicação das técnicas de planejamento e análise de experimentos no desenvolvimento de novos produtos em uma empresa de saneantes**. Estudos Tecnológicos (Online), v. 5, p. 404-420, 2010. Disponível em:< https://revistas.unisinos.br/index.php/estudos_tecnologicos/article/view/4989/2235>. Acesso em 30 jun. 2019.

CARDOZA, J. A. S; CORREIA, E. A. S. **Planejamento de Experimentos no Processo Produtivo**. In: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 2007, João Pessoa. II CONNEPI 2007. João Pessoa: Compact Disc., 2007. Disponível em:< <ftp://ftp.feq.ufu.br/Claudio/downloadsPE/Trab2PE.pdf> >. Acesso em 30 jun. 2019.

CATAPAN, A. H.; KASSICK, C. N.; OTERO, W. R. I. **Metodologia para Elaboração de Matriz Curricular: Integração e Transversalidade**. Poiésis, v. 10, p. 27-45, 2016. Disponível em: <<http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/Poiesis/article/view/4229>>. Acesso em 30 jun. 2019.

DORNFELD, C. B.; ESCOLANO, A. C. M. **Didática e Práticas Pedagógicas no Ensino Superior: A visão dos alunos de um curso de graduação em Ciências Biológicas**.

Educação (UFSM), v. 34, p. 373-389, 2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reveducao/article/view/247>>. Acesso em 30 jun. 2019.

FERREIRA, H. H. J; AMARAL, C. L. C. **Pesquisa em Ensino Experimental: mapeamento das teses e dissertações apresentadas no Brasil de 2002 a 2011**. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. v.8, n.1, p. 20-35, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/download/2112/1977>>. Acesso em 30 jun. 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: ATLAS, 2002.

GOMES, J. F; PINTO, E. P.; FONSECA FILHO, H. D. D. **Atividades experimentais como estratégia para o ensino de Física: estudo de caso em duas escolas públicas do município de Santana-AP**. Estação Científica (UNIFAP), Macapá, v. 7, n. 3, p.71-81, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.unifap.br/index.php/estacao/article/view/2927>>. Acesso em 30 jun. 2019.

HALLIDAY D.; RESNICK R.; WALKER J. **Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica**. Volume 2. 8ª edição. Editora LTC, 2009.

HAYDT, R. C. C. **Curso de Didática Geral**. 1ª. ed. São Paulo: Ática, 2011.

LIBÂNEO, J.C. **Didática**. São Paulo: Cortez, 2006.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MONTGOMERY, D.C. **Design and Analysis of Experiments**. United States of America: WILEY, 2005.

OLISKOVICZ, K. PIVA, C. D. **As estratégias didáticas no ensino superior: quando se é o momento certo para se usar as estratégias didáticas no ensino superior?** Revista de Educação (Itatiba), v. 15, p. 111-127, 2012. Disponível em: <<http://revista.pgsskroton.com.br/index.php/educ/article/view/1710>>. Acesso em 30 jun. 2019.

OLIVEIRA, F. B. **Planejamento Estatístico de Experimentos Aplicado a Melhoria do Processo de Solda por Plasma de Arco Transferido sobre a Sede das Válvulas Automotivas**. Rio de Janeiro: Anais do ENEGEP, 2009. Disponível em: <www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_tn_stp_092_626_12545.pdf>. Acesso em 30 jun. 2019.

OLIVEIRA, J. F.; SOUZA, F. A.; COSTA, R. T. M.; VIVACQUA, C. A. **Experimento Fatorial Fracionado em Parcelas Subdivididas: Uma aplicação didática**. In: 59ª Reunião Anual da Regional Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria - RBRAS, 2014, Ouro Preto. Revista da Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto, 2014.

Disponível em: <

<https://repositorio.ufrn.br/jspui/browse?type=author&value=Oliveira%2C+Jord%C3%A2nia+Furtado+de>>. Acesso em 30 jun. 2019.

OLIVEIRA, J. R. S. **Contribuições e Abordagens das Atividades Experimentais no Ensino de Ciências: reunindo elementos para a prática docente**. Acta Scientiae (ULBRA), v. 12, p. 139-153, 2010. Disponível em: <

<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/31>>. Acesso em 30 jun. 2019.

PIMENTA, C. D.; SILVA, M. B.; RIBEIRO, R. B.; CLARO, F. A. E. **Planejamento de experimentos em blocos aplicado às propriedades mecânicas de arames de aço para molas**. Produção (São Paulo. On-Line), v. 24, p. 71-83, 2014. Disponível em:<

[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132014000100006&script=sci_abstract&tlng=pt)

[65132014000100006&script=sci_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132014000100006&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em 30 jun. 2019.

PRODANOV, C.C; FREITAS, E.C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013. Disponível em: < <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5bb1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf> >. Acesso em 30 jun. 2019.

RUSSELL, J.B. **Química Geral**. 2ª ed. Vol. 2. São Paulo, Pearson Makron Books, 2000.

SANTOS, K. V. D. **Fundamentos de Eletricidade**. 1ª ed. Manaus: CETEC, 2011.

TORRES JÚNIOR, N; QUIRINO, R. **O jogo da catapulta para compreender o planejamento e análise de experimentos: proposta de uma abordagem lúdica de ensino**.

Revista Produção Online, Florianópolis, v. 14, n. 3, p.939-971, 2014. Disponível em: < <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1576>>. Acesso em 30 jun. 2019.

VALADARES, E. C. **Propostas de experimentos de baixo custo centradas no aluno e na comunidade**. Química nova na escola, 7(13), 38-40, 2001. Disponível em: < <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc13/v13a08.pdf> >. Acesso em 30 jun. 2019.

VIANELLO, L. P. **Metodologia Científica**. Desenvolvimento de material didático ou instrucional – EAD, 2013. Disponível em:<
http://disciplinas.nucleoad.com.br/pdf/Livro_mtp.pdf>. Acesso em 30 jun. 2019.

VIEIRA, K. M; MACHADO, L. A. L. **Química Geral: Práticas**. João Monlevade: UFOP, 2016.

WERKEMA, M. C. C. **Planejamento e Análise de Experimentos: como identificar as principais variáveis influentes em um processo**. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

Anexo 1- Entrevista com os Professores da Disciplina ENP141 e ENP526

Nº da Questão	Enunciado
1	Quando você lecionou sobre os conceitos do Planejamento Experimental quais foram as metodologias de ensino que você utilizou? Ex: aulas-expositivas, trabalho em grupo, aulas práticas... etc.
2	Na sua opinião, quais outras metodologias de ensino, além das aulas expositivas você acredita que seriam eficientes para o processo de ensino-aprendizagem da ferramenta de Planejamento de Experimentos e por que elas seriam relevantes neste caso?
3	Se existisse a possibilidade de você utilizar aulas práticas como uma das metodologias de ensino, com a apresentação de relatórios pelos alunos que contenham a análise de dados coletados nas práticas, aplicaria essas atividades com qual frequência? De quantas aulas supõe que precisaria e como seria o processo de aplicação dessas atividades práticas? Por exemplo: Alternaria aulas teóricas e práticas?
4	Com relação as atividades experimentais de Química e Física propostas, qual a sua opinião sobre o grau de dificuldade delas? Acredita que o conhecimento específico desses conceitos poderia prejudicar o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos ou uma breve introdução das mesmas por um roteiro prévio e com ajuda dos técnicos, da Física e da Química daria certo?
5	Como professor, você acredita que se fossem propostas atividades práticas experimentais interdisciplinares de Química e Física para a disciplina de Planejamento Industriais, isso também impactaria positivamente no processo de aprendizagem do aluno? Por quê?

Fonte: Elaborado pela autora

Anexo 2 - Entrevista Aplicada aos Técnicos dos Laboratórios de Química e Física do ICEA

Nº da Questão	Enunciado
1	Quais disciplinas utilizam o laboratório?
2	Quais professores estão envolvidos na utilização do laboratório?
3	Quais são os técnicos responsáveis?
4	Quais atividades práticas experimentais são aplicadas?
5	Qual a infraestrutura do laboratório? Ex: Quais equipamentos e materiais o laboratório possui?
6	O laboratório é muito utilizado?
7	Acredita que poderia ser adicionada mais uma disciplina para utilizar o mesmo?

Fonte: Elaborado pela autora

Anexo 3 - Questionário Aplicado aos Alunos da Disciplina ENP141

Nº da Questão	Enunciado
1	Dentre as metodologias de ensino listadas abaixo, qual foi a mais utilizada pelo professor da disciplina para explicar os conceitos do Planejamento Experimental? () Aula expositiva () Aula expositiva-participativa () Discussão/debates () Projetos/trabalho () Aulas práticas
2	Na sua opinião, qual das opções de metodologia abaixo além das aulas expositivas, te ajudaria a compreender melhor os conteúdos do Planejamento Experimental? () Aula expositiva-participativa () Discussão/debates () Atividades Práticas com Relatórios () Projetos/trabalho () Estudos de Caso

3	<p>Tendo em vista a relevância da Química e da Física para a Engenharia de Produção, seria válido adotar atividades práticas interdisciplinares como as que foram executadas hoje com o intuito de complementar o entendimento dos conceitos do Planejamento Experimental?</p> <p>() Concordo totalmente () Concordo parcialmente () Não concordo, nem discordo () Discordo Parcialmente () Discordo Totalmente</p>
4	<p>Com relação aos experimentos executados nos laboratórios, qual foi grau de importância do domínio dos conceitos de Física e Química na realização dessas práticas?</p> <p>() Essencial () Muito Importante () Mais ou menos importante</p> <p>() Sem importância () Irrelevante</p>
5	<p>Se pudesse escolher, qual dos métodos a seguir você preferiria utilizar para colocar em prática conhecimentos teóricos adquiridos sobre as ferramentas do Planejamento Experimental?</p> <p>() Fazer todo o experimento proposto hoje, incluindo a coleta e análise de dados</p> <p>() Fazer somente a análise de um banco de dados no Minitab</p> <p>() Propor um experimento com um tema de sua escolha para planejar, executar e analisar</p>

Fonte: Elaborado pela autora.



TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Proposição de Atividades Práticas Experimentais para a Complementação do Ensino da Disciplina de Planejamento de Experimentos Industriais (ENP526)** é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 29 de julho de 2019.

Jézica Cristina de Sá Sousa

Jézica Cristina de Sá Sousa



TERMO DE CONFORMIDADE

Certifico que a aluna Jézica Cristina de Sá Sousa, matrícula 12.1.8319, autora do trabalho de conclusão de curso intitulado “Proposição de Atividades Práticas Experimentais para a Complementação do Ensino da Disciplina de Planejamento de Experimentos Industriais (ENP526)” efetuou as correções sugeridas pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.

João Monlevade, 22 de julho de 2019.

Luciana Paula Reis
Orientadora