



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
ICED - INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
LICENCIATURA INTEGRADA EM BIOLOGIA E QUÍMICA-PERCURSO QUÍMICA**

WAYLLA DE SOUZA PEREIRA

ENSINO INTERDISCIPLINAR DE pH

**SANTARÉM-PARÁ
2021**

WAYLLA DE SOUZA PEREIRA

ENSINO INTERDISCIPLINAR DE pH

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura Integrada em Biologia e Química-Percurso Química para obtenção de grau de Licenciada em Química; Universidade Federal do Oeste do Pará; Instituto de Ciências da Educação.
Orientador: Dr. Julio Cesar B. Fernandes
Co-orientadora: Dra. Deyanira Fuentes Silva

SANTARÉM-PARÁ
2021

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) da UFOPA Catalogação de Publicação na Fonte.
UFOPA - Biblioteca Unidade Rondon

Pereira, Waylla de Souza.

O Ensino Interdisciplinar de pH / Waylla de Souza Pereira. -
Santarém, 2021.

87f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) - Universidade
Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências da Educação-ICED,
Programa de Ciências Naturais-PCNAT.

Orientador: Julio Cesar Bastos Fernandes.

Coorientador: Deyanira Fuentes Silva.

1. Conceito de pH. 2. Ensino formal e não-formal. 3.
Multidisciplinaridade. I. Fernandes, Julio Cesar Bastos. II.
Silva, Deyanira Fuente. III. Título.

UFOPA/Sistema Integrado de Bibliotecas

CDD 23 ed. 540.7

Elaborado por Bárbara Costa - CRB-15/806

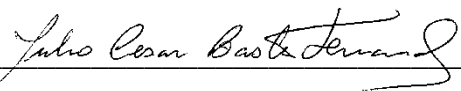
WAYLLA DE SOUZA PEREIRA

ENSINO INTERDISCIPLINAR DE pH

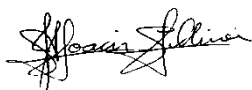
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura Integrada em Biologia e Química- Percurso Química para obtenção de grau de Licenciada em Química; Universidade Federal do Oeste do Pará; Instituto de Ciências da Educação.

Conceito:


Data de Aprovação 18/05/2021.



Dr. Julio Cesar B. Fernandes – Orientador
Universidade Federal do Oeste do Pará



Dr. Joacir Stolarz de Oliveira
Universidade Federal do Oeste do Pará



Dra. Ednéa do Nascimento Carvalho
Universidade Federal do Oeste do Pará

AGRADECIMENTO

Agradeço e dedico essa monografia...

...a minha família por toda força, em especial meu pai, minha mãe e meu irmão pelo incentivo, apoio e paciência durante esses anos, sou eternamente grata por tudo que fizeram a mim.

Agradeço aos professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado, em especial o meu orientador Julio Fernandes e minha co-orientadora Deyanira Silva.

Agradeço também a minha instituição por ter me proporcionado todo o suporte para desenvolvimento desse trabalho e por ter custeado parte da pesquisa.

Meu muito obrigada!

RESUMO

O pH é um conceito de extrema relevância não apenas para química, mas para a vida. Pensando nisso, protocolos experimentais e materiais de baixo custo foram desenvolvidos possibilitando seu ensino de forma contextualizada, associando principalmente com questões ambientais e de saúde. Equipamentos que realizam medidas de pH, geralmente, apresentam um custo elevado, tornando difícil sua aquisição por escolas públicas brasileiras, sem contar na falta de laboratório para realização de aulas práticas. Com base nisso, construímos um pHmetro de baixo custo que possui uma interface eletrônica que faz uso de um amplificador operacional para equiparação da impedância do multímetro digital com o eletrodo de vidro. Experimentos piloto, mostraram como a variação de pH de um meio, afeta o crescimento de bactérias gram-positiva e gram-negativa das espécies *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, respectivamente. Destes estudos, surgiu a ideia de desenvolver uma experimentação de baixo custo, que utilizasse produtos ácidos e alcalinos encontrados no comércio e meios de cultura caseiros. Em escolas da rede pública com diferentes perfis, apresentamos aos alunos o pH de maneira contextualizada, a dinâmica consistiu na apresentação de uma aula expositiva curta sobre pH, uma atividade experimental demonstrativa e a aplicação de questionários antes e depois da aula para avaliar se o ensino teve caráter significativo para o estudante. Todos os materiais desenvolvidos apresentaram resultados similares quando comparados aos seus equivalentes comerciais. A análise dos questionários mostrou uma melhora significativa, cerca de 500%, na compreensão do conceito de pH em relação aos prévios conhecimentos dos estudantes sobre o tema. Esta proposta possibilita inserções de aulas experimentais demonstrativas em escolas de ensino básico subfinanciadas.

Palavras-chave: Conceito de pH. Ensino formal e não-formal. Multidisciplinaridade.

ABSTRACT

The concept of pH is extremely relevant not only for chemistry, but for life. With that in mind, experimental protocols and low-cost materials were developed enabling their teaching in a contextualized way, associating mainly with environmental and health issues. Generally, equipment that performs pH measures has a high cost, being difficult its acquisition by Brazilian public schools, not to mention the lack of a laboratory to carry out practical classes. Based on this, we built a low cost pH meter that has an electronic interface that makes use of an operational amplifier to match the impedance of the digital multimeter with the glass electrode. Pilot experiments, induced as pH variation of a medium, effect of the growth of gram-positive and gram-negative bacteria of the species *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, respectively. From these studies, the idea arose to develop a low-cost experiment, which uses acid and alkaline products found in commerce and homemade culture media. In public schools with different profiles, we introduce students to pH in a contextualized way, the dynamics consisted of the presentation of a short a lecture on pH for students in the classroom, a demonstrative experimental activity and the application of questionnaires before and after class to assess whether the teaching was meaningful for the student. All devices and materials developed showed similar results when compared to their commercial equivalents. The analysis of the questionnaires showed a significant improvement, about 500%, in the understanding of the concept of pH in relation to the students' previous knowledge on the subject. This proposal allows the insertion of demonstrative experimental classes in underfunded basic schools.

Keywords: pH concept. Formal and non-formal teaching. Multidisciplinarity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pesquisa dos componentes no Fritzing.	28
Figura 2 - Mudança da cor dos fios no Fritzing.	28
Figura 3 - Protótipo do circuito do pHmetro.....	29
Figura 4 - Representação do circuito pela simbologia dos componentes.	29
Figura 5 - Convertendo os pontos de flexão para via.....	30
Figura 6 - Edição do CAD no Libre Office Draw.	30
Figura 7 - Layout do circuito.....	30
Figura 8 - Esquema do processo de fotolitografia para criação do circuito do pHmetro.	31
Figura 9 - Circuito montado.....	32
Figura 10 - Entradas laterais na caixa do pHmetro.	32
Figura 11 - Cabo para conectar ao multímetro.....	33
Figura 12 - Esquema das leituras potenciométricas com o pHmetro de baixo custo.	35
Figura 13 - Curva de titulação potenciométrica do ácido acético.	36
Figura 14 - Esquema do preparo dos tampões de fosfato.	37
Figura 15 - Esquema de teste de detecção de microrganismo presente nas mãos. .	39
Figura 16 - Esquema de crescimento de microrganismo para preparo do pré-inóculo.	40
Figura 17 - Esquema de Semeadura com utilização de disco de difusão.	41
Figura 18 - Diluições do inóculo em eppendorffs com meio 2xYT.....	42
Figura 19 - Adicionando o inóculo em eppendorffs com pH de 1,5 – 14,0.	43
Figura 20 - Esquema de inoculação pelo método TIT.....	44
Figura 21 - Modelo do questionário.....	46
Figura 22 - Aulas contextualizadas de pH.....	48
Figura 23 - Estufa bacteriológica.....	48
Figura 24 - Preparo dos nutrientes para enriquecer o ágar caseiro.	50
Figura 25 - Nutrientes do meio de cultura caseiro.....	51
Figura 26 - Protocolo experimental com meio de cultura alternativo.....	52
Figura 27 - Layout do circuito.....	53
Figura 28 - PCI da interface eletrônica do pH-Multímetro.	55

Figura 29 - pHmetro de baixo custo.	55
Figura 30 - Ficha de dados (Datasheet).....	56
Figura 31 - Explicação do circuito.	57
Figura 32 - Multímetro conectado diretamente ao eletrodo para medidas de pH.....	58
Figura 33 - Dispositivo LF347.....	59
Figura 34 - Curva de calibração do multímetro com a interface eletrônica usando padrões secundários de pH.....	60
Figura 35 - Curva de titulação potenciométrica de ácido acético.	61
Figura 36 - Gráfico para cálculo do pKa do ácido acético a 25°C.	62
Figura 37 - Efeito da lavagem das mãos com soluções de diferentes pHs	63
Figura 38 - Efeito do pH em <i>Escherichia coli</i> (gram-negativa)	64
Figura 39 - Efeito do pH em <i>Staphylococcus aureus</i> (gram-positivo).....	65
Figura 40 - Comparativo da parede celular das bactérias Gram-negativas e Gram-positivas.	66
Figura 41 - Mecanismos de resistência aos antibióticos.	66
Figura 42 - Benzilpenicilina ou Penicilina G.	67
Figura 43 - Ação do β -lactâmico sobre a bactéria gram-negativa e gram-positiva...68	
Figura 44 - Crescimento do inóculo com e sem a diluição.	69
Figura 45 - Efeito do pH no crescimento de microrganismos gram-positivos e gram-negativos.....	70
Figura 46 - Efeito do pH nas unidades formadoras de colônias (UFC) de <i>Staphylococcus aureus</i>	70
Figura 47 - Estufa Bacteriológica caseira.....	73
Figura 48 - Perfil de aquecimento do forno bacteriológico caseiro.....	73
Figura 49 - Efeito do pH nos microrganismos do papel-moeda	75

LISTA DE SIGLAS

CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
D.O.	Densidade Óptica
2D	Duas dimensões.
2xYT	Extrato de levedura triptona
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
Op amp	Operational Amplifier- Amplificador Operacional
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PCI	Placa de Circuito Impresso
3D	Três dimensões
UV	Ultravioleta
UFC	Unidade Formadora de Colônia

LISTA DE SIMBOLOS

A	Ampères
atm	atmosfera
cm	Centímetro
λ	Comprimento de onda
I	Corrente elétrica
fA	Femtoampère
g	Gramma
°C	Grau Celsius
lb	Libra
L	Litro
μ L	Microlitro
mm	Milímetro
mV	Milivolt
Nm	Nanômetro
R	Resistência
V	Volts
W	Watt

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre valores de pH de soluções ácidas	21
Tabela 2 - Soluções empregadas no preparo dos tampões secundários de pH.	33
Tabela 3 - Volumes para o preparo de cada padrão secundário de pH.	34
Tabela 4 - Composição do meio 2xYT	38
Tabela 5 - Produtos do cotidiano com diferentes pH.....	38
Tabela 6 - Perfil das escolas	45
Tabela 7 - Composição do meio de cultura caseiro	49
Tabela 8 - Listas de produtos utilizados para verificar o efeito dos pH em microrganismos provenientes do papel moeda.	51
Tabela 9 - Medidas comparativas entre o multímetro sem e com a interface eletrônica.	58
Tabela 10 - Dados para a curva de titulação.....	61
Tabela 11 - Medidas de halos de inibição em testes de suscetibilidade em disco de difusão.....	64
Tabela 12 - Análise dos questionários pré e pós aula contextualizada	71

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1. Ensino de química.....	15
2.2. Implicações e dificuldades no ensino - aprendizagem de química	16
2.3. O uso da tecnologia para auxiliar no ensino.....	18
2.3.1. Confecção de Placas de Circuito Impresso, PCIs, em equipamentos eletrônicos	19
2.4. O conceito de pH no ensino básico	20
2.5. Efeitos do pH no crescimento microbiano	23
2.5.1. <i>Escherichia coli</i>	25
2.5.2. <i>Staphylococcus aureus</i>	25
3. OBJETIVOS	26
3.1. Geral	26
3.2. Específicos.....	26
4. METODOLOGIA	27
4.1. Construção de um aparelho para leituras de pH	27
4.1.1. Criação do projeto no Fritzing	27
4.1.2. Produção de PCI através da técnica de fotolitografia	31
4.1.3. Soldagem dos componentes na placa de cobre e montagem do medidor de pH	32
4.2. Testes com o aparelho de baixo custo	33
4.2.1. Preparo dos padrões secundários de pH.....	33
.....	34
4.2.2. Leituras potenciométricas dos padrões de pH com o pH-multímetro	34
4.2.3. Titulação potenciométrica do ácido acético glacial	35
4.3. Preparo de tampões fosfatos de pH e meios de cultura	36
4.3.1. Preparo dos tampões fosfato	36
4.3.2. Preparos dos meios de cultura.....	37
4.3.2.1. Ágar Mueller-Hinton.....	37
4.3.2.2. Meio de cultura 2xYT – Extrato de levedura triptona	37
4.4. Testes com Microrganismos.....	38
4.4.1. Estudo qualitativo do efeito do pH no crescimento de microrganismos	38
4.4.2. Estudo quantitativo do efeito do pH no crescimento de microrganismos	39
4.4.3. Testes com Inoculação em Tubos de Ensaio	41
4.4.3.2. Diluições do inóculo.....	42
4.4.3.4. “Escala Microbiológica de pH”	43
4.5. Aplicando a proposta no ambiente escolar.....	44
4.5.1. Características das escolas	44
4.5.2. Aplicação da Proposta de Ensino nas Escolas	45
4.5.3. Pré e Pós-Questionários	46

4.5.4.	Aula contextualizada sobre pH.....	47
4.6.	Proposta de experimentação utilizando meio de cultura "caseiro".....	48
4.6.1.	Confeção de uma estufa bacteriológica de baixo custo.....	48
4.6.2.	Composição e preparo do meio de cultura caseiro.....	49
4.6.3.	Modo de Preparo do meio.....	49
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5.1.	Confeção do pHmetro de baixo custo.....	53
5.1.1.	Circuito eletrônico.....	53
5.1.2.	Processos para criação dos PCBs – Fotolitografia.....	54
5.1.3.	O medidor de pH.....	55
5.1.4.	Testes com o pH-Multímetro.....	57
5.1.4.1.	Curva de calibração de pH.....	59
5.1.4.2.	Titulação Potenciométrica do ácido acético.....	60
5.1.4.3.	Método do Gran para determinação da constante de acidez.....	62
5.2.	Teste com microrganismos.....	63
5.2.1.	Estudos qualitativos do efeito do pH sobre o crescimento bacteriano.....	63
5.2.2.	Resultados da semeadura Spread Plate com uso de disco de difusão.....	64
5.2.3.	Escala microbiológica de pH para <i>E. coli</i> e <i>S. aureus</i>	68
5.3.	Aplicando a proposta no ambiente escolar.....	71
5.3.1.	Pontuação dos questionários.....	71
5.4.	Testando a estufa e o meio de cultura "caseiros".....	72
5.4.1.	Estufa Bacteriológica caseira.....	73
5.4.2.	Sobre o Meio de cultura "caseiro".....	73
5.4.3.	Resultados com o meio de cultura "caseiro".....	74
6.	CONCLUSÃO.....	76
7.	REFERÊNCIAS.....	78

1. INTRODUÇÃO

Segundo Klausmeier (1992), existem quatro níveis de classificação da compreensão de um conceito: o concreto, a identidade, o classificatório e o formal. Assim, se os estudantes têm dificuldade em aplicar conhecimentos para resolver problemas, eles não adquiriram um conceito formal sobre o assunto, conseqüentemente, isto resultará numa capacidade limitada de intervenção em seu cotidiano.

Geralmente, os professores se preocupam que os alunos atinjam níveis operacionais formais sobre um conceito. No entanto, esses alunos não representam a maioria da população escolar (LAZAROWITZ; WITENOFF, 1990). Logo, é necessário reestruturar a forma como um conceito é apresentado aos estudantes numa classe de ensino básico, pois esta é extremamente heterogênea, e cada estudante tem suas próprias aspirações, desejos e interesses. Por conta disso, é de extrema relevância relacionar os assuntos com situações do cotidiano da sociedade, uma vez que, os alunos estão inseridos nela.

O conhecimento fragmentado proporciona uma inteligência míope (JAPIASSU, 2006) e a “cirurgia refrativa” mais indicada para corrigir esse problema é a interdisciplinaridade, permitindo o estudante enxergar com mais nitidez que o conhecimento é interrelacionado. Porém, o maior desafio no país, está na formação dos professores, pois na maioria das vezes, a Educação Superior segue um modelo linear e fragmentador do conhecimento (SANTOS, 2008) o que acaba dificultando a atuação interdisciplinar desses profissionais.

A proposta deste trabalho é desenvolver uma atividade experimental que permita ensinar o conceito químico de pH, de uma maneira formal e não-formal, tal que, traga significados para os estudantes. Como estratégia para atingir este objetivo, estudou-se como a variação de pH afeta a vida dos microrganismos e assim, contextualizar a aprendizagem do conceito de pH com sua aplicação na higiene humana e alimentar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Ensino de química

O ensino de química é um desafio no Brasil, devido a inúmeros problemas. Um dos problemas é o método de aprendizagem. O ensino dessa disciplina curricular continua sendo exercido por meio de metodologias tradicionais, de forma descontextualizada e sem a devida integração dos conteúdos de outras disciplinas. Isto causa um grande desinteresse pela disciplina de química na maioria dos estudantes, pois há uma grande dificuldade de ele relacionar o conteúdo estudado com sua utilidade em seu cotidiano (ROCHA; VASCONCELOS, 2016).

Na tentativa de atenuar esse problema, o professor deve promover o desenvolvimento do conhecimento técnico-científico, de um modo amplo e contextualizado (NUNES e ADORNI, 2010). Para associar o conhecimento com o cotidiano de interesse da sociedade é necessário que esse profissional esteja disposto a atuar de forma interdisciplinar.

A proposta de ensino interdisciplinar (BRASIL, 1996) surgiu com a reforma do ensino médio, a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB-9.394/96). Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM (BRASIL, 2000) recomenda esse tipo de abordagem, pois existe uma preocupação em retirar o aluno da condição de espectador passivo e transformar a aprendizagem de forma significativa, na qual este aluno consiga desenvolver o conhecimento espontâneo em direção ao conhecimento abstrato (LOPES, 2002). Desta maneira, nota-se um grande distanciamento entre muitos professores e os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN, o que prejudica a educação, pois esses parâmetros dão suporte para os docentes organizar e planejar o trabalho de cada conteúdo da grade curricular das disciplinas, além de colaborar para a construção de uma relação mais efetiva.

Os PCNs são pouco utilizados pelos profissionais da educação, mas talvez o problema tenha sido durante a formação dos docentes, pois é, de extrema importância que nesse processo sejam fornecidas condições para o desenvolvimento de sua autonomia. Somente assim, os futuros docentes terão um entendimento mais amplo sobre esses parâmetros e terão capacidade de intervir e decidir nos rumos que

seguirão para o desenvolvimento de sua prática. A responsabilidade de ser professor, além do compromisso com a sociedade e deve preparar os alunos para se tornarem cidadãos ativos em todos os momentos de sua vida (LIBÂNEO, 1994). A prática educativa não é apenas uma exigência da vida em sociedade, mas também o processo de prover os indivíduos dos conhecimentos e experiências culturais que os tornam aptos a atuar no meio social e a transformá-los em função de necessidades econômicas, sociais e políticas da coletividade.

A contextualização de um conteúdo, leva em conta os prévios conhecimentos dos estudantes, sendo um ganho para o docente, pois dentro de uma sala de aula, o ato de ensinar e aprender é via de mão dupla, onde ambos interagem. Apesar de não existir uma postura padrão de docente, muitos desses profissionais precisam refletir acerca de suas atitudes, valorizando o aluno como um ser em formação, respeitando e aproveitando suas experiências de vida para melhorar o processo de ensino-aprendizagem (CARVALHO *et al.*, 1999).

Segundo Luck (2013), o estabelecimento que trabalha de forma interdisciplinar, provoca sobrecarga de trabalho, receio de errar, de perder privilégios e direitos estabelecidos. O fato desta prática pedagógica não ser um ato frequente, implica no rompimento de hábitos e acomodações, buscando algo novo e desconhecido. Em virtude da interdisciplinaridade ser uma profunda transformação no jeito de ensinar (FAZENDA, 1979), esta possibilita não apenas aos alunos, mas também aos professores um conhecimento globalizante, rompendo com as fronteiras das disciplinas (GADOTTI, 2004).

Contudo, para ocorrer este rompimento, é necessária uma reorganização das estruturas da aprendizagem das ciências e, por consequência, das formas de aprender e de ensinar (POMBO, 1993).

2.2. Implicações e dificuldades no ensino - aprendizagem de química

Os currículos escolares seguem uma linearidade, em que se acredita que na maioria dos casos é impossível aprender determinado conteúdo, sem antes conhecer o seu precursor, porém, esse rigor na sequência dos tópicos desenvolvidos parece desnecessária (MACHADO, 2003). Com esse posicionamento, abrem se espaços para desenvolver projetos interdisciplinares, porém, muitos professores alegam

apresentar dificuldades de exercê-la em função de terem sido formado em uma visão positivista e fragmentada do conhecimento (KLEIMAN e MORAES, 1999).

Os principais obstáculos a serem superados para a implementação dessa prática inovadora nas salas de aula são a formação universitária, muito específica dos docentes, e a ausência de espaços e tempos nas instituições para refletir, avaliar e implantar inovações educativas (RIVAROSSA DE POLOP, 1999).

Uma outra questão enfrentada, para uma aprendizagem mais efetiva no ensino de química, é o desinteresse dos alunos. Um dos motivos é a falta de atividades experimentais que possam fazer uma conexão entre a teoria e a prática. E isto está relacionado à inexistência de um espaço físico de laboratório e de equipamentos para produção de aulas práticas (QUEIROZ, 2014; GONÇALVES; GALEAZZI, 2004; SILVA; ZANON, 2000; HODSON,1994). Além disso, cabe acrescentar que as dificuldades na aprendizagem também são devidas a perturbações ou distúrbios, de origem psico-neurológica, próprias ao indivíduo e que ocorrem ao longo do tempo escolar (HAMMILL, 2000). Tais impedimentos podem ocorrer por meio de fatores orgânicos ou emocionais. Na desmotivação do aprendiz é relevante descobrir a origem do problema, isto é, se a desmotivação está associada a fatores como preguiça, sono, depressão, agitação, desordem, dentre outros, pois isto auxilia o desenvolvimento do processo educativo (ROCHA; VASCONCELOS, 2016).

Para o sucesso no processo de ensino-aprendizagem de química a experimentação torna-se essencial, uma vez que estimula o interesse dos alunos, a curiosidade, além do espírito crítico e a não aceitação de conhecimentos simplesmente transferidos (FRANCISCO Jr. *et al.*, 2008), podendo contribuir para a ocorrência da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1980).

Um laboratório de ensino de química não requer equipamentos sofisticados, é possível montar aparelhos utilizando materiais acessíveis no comércio (SILVA e MACHADO, 2008). Com base nisso, o professor não pode se limitar quanto ao uso dos recursos didáticos, mesmo que a escola não ofereça toda estrutura necessária para proporcionar aulas diferenciadas e dinâmicas. Ainda hoje, a ferramenta mais utilizada pelos docentes no ensino da disciplina, continua sendo os livros didáticos, que na maioria das vezes são utilizados como a única ferramenta de trabalho, que auxiliam os educadores a organizarem suas ideias e proceder à exposição aos alunos (LOBATO, 2007).

Alguns autores como Gonçalves *et al.* (2005) salientam que a realização de pesquisas envolvendo professor e aluno, desenvolve o senso criativo e construtivo, além de incentivar a leitura e o diálogo crítico constante do aluno.

2.3. O uso da tecnologia para auxiliar no ensino

A educação vem sofrendo diversas e profundas transformações, uma delas é o uso das tecnologias para auxiliar no processo de ensino. Como sabemos, o mundo está cada vez mais globalizado e refém das tecnologias, pois quase tudo ao nosso redor faz uso delas. Um exemplo clássico são os nossos telefones móveis e televisores, que estão cada vez mais modernos e sofisticados. Com o avanço desses recursos e o uso da internet, muitas atividades que requeriam tempo para se realizar, foram otimizadas, como por exemplo, por meio de um telefone celular, computador ou tablet com internet, podemos fazer compras, pagamentos e conhecer o mundo sem sair do lugar.

Então, por que não aproveitar esse artifício para aplicar e melhorar o ensino ou a educação de modo geral? Muitos trabalhos utilizam softwares para melhorar a qualidade de ensino, como os programas empregados para ensino de matemática (FARIAS, 2015). A utilização desse recurso em aulas de matemática pode atingir muitos objetivos, tais como: ser fonte de informação, auxiliar o processo de construção de conhecimentos, ampliar a autonomia do raciocínio, da reflexão e da criação de soluções (GLADCHEFF, ZUFFI E SILVA, 2001). Cavalcante *et al.* (2017) utilizaram softwares para ajudar a minimizar as dificuldades com leituras e os demais conteúdos da Língua Portuguesa.

Do mesmo modo, Vieira, Meirelles e Rodrigues (2011) desenvolveram um software para ser utilizado nas aulas práticas de química em nível de ensino médio e como um instrumento alternativo para articular teoria e experimentação, além de tornar as aulas mais dinâmicas. Então, uma das ferramentas que vem transformando e facilitando muito o ensino são os softwares educacionais.

Os softwares educacionais são desenvolvidos especificamente para serem utilizados no âmbito escolar. O uso desses softwares pode ser um artifício muito importante para o desenvolvimento cognitivo de cada aluno, facilitando um trabalho que se adapta a distintos ritmos de aprendizagens e permite que os educandos

aprendam com seus erros (GLADCHEFF; ZUFFI; SILVA, 2001). A partir disso, torna-se imprescindível que os estudantes se adéquem a esse momento, uma vez que, estes estão sendo bombardeados com informações em vários canais de comunicação e o uso dessas tecnologias para o ensino o tornaria mais significativo (KREMER, 2010).

Existem softwares que não possuem um perfil educativo, mas podem ser implementados na educação, como o Fritzing. Este software permite o design de protótipos eletrônicos para futuramente ser construído um circuito mais permanente com uma Placa de Circuito Impresso, PCI. Fernandes; Hartmann; Dorneles (2014) desenvolveram uma sequência didática com arduino utilizando o software para ensinar eletricidade. Esse software foi empregado para desenvolvimento do desenho do circuito eletrônico do pHmetro de baixo custo.

2.3.1. Confeção de Placas de Circuito Impresso, PCIs, em equipamentos eletrônicos

Em 1904, o físico John Ambrose Fleming inventou as válvulas termiônicas (XAVIER, 2005), sendo um enorme marco para o início da eletrônica, pois foram os primeiros diodos criados, que possibilitaram a invenção de muitos equipamentos e o desenvolvimento de outros dispositivos eletrônicos (ABREU; FREITAS, 2017).

A eletrônica teve outro marco, em 1925 surgia a expressão “circuito impresso”, que teve sua origem quando o americano Charles Ducas patenteou o método que empregava a deposição de tinta condutiva sobre uma superfície isolante (MEHL, 2011). Mas foi em 1936, com outro método patenteado, dessa vez pelo engenheiro austríaco Paul Eisler, que a produção de Placas de Circuito Impresso (PCI) se difundiu, onde existe a corrosão química da placa para criação de trilhas condutivas, sendo bastante empregadas na Segunda Guerra Mundial na confecção de equipamentos de rádio (MEHL, 2011).

Na indústria de eletrônicos, uma parte indispensável é a criação de PCIs (LIU *et al.*, 2014). Sua produção varia entre técnicas simples, como desenho manual, ou seja, desenhar o circuito eletrônico diretamente na placa de cobre com caneta permanente (MEHL, 2011); a transferência, que consiste na transferência térmica, da máscara para a placa (MARTINS, 2017); a serigrafia com o uso de tintas condutivas (KUGLER, 2004) ou métodos fotográficos, usando fotoresiste (BRANSON *et al.*, 2000;

OU *et al.*, 2014). Contudo, o modelo mais simples não envolve a etapa de corrosão química, consiste no uso de diversas brocas e fresas para criação do desenho do circuito diretamente na placa pela remoção mecânica da camada de cobre (LÁZARO; SUMAR, 2017).

Em escala industrial, as técnicas são mais complexas, sendo produzidas por empresas especializadas ou com auxílio de equipamentos de altíssima tecnologia. Essas máquinas são capazes de produzir PCIs com trilhas cada vez mais finas e precisas (RODRIGUES; LIMA; SILVA, 2008), resultando em circuitos eletrônicos miniaturizados associados ao aparecimento dos transistores e dos circuitos integrados (VEIT, 2005). Na maioria das vezes esses processos apresentam custos elevados e uma alternativa é o desenvolvimento de técnicas de baixo custo (BRANSON *et al.*, 2000; OU *et al.*, 2014; GIMENEZ; YÁÑEZ-LIMÓN; SEMINARIO, 2010; ARACIL, *et al.* 2015).

Na maioria das vezes, para o desenvolvimento de PCIs são necessários a utilização de *softwares* tipo o *Computer-Aided Design* (CAD), pois os projetos são desenhados e editados de acordo com a finalidade da impressão (RODRIGUES; LIMA; SILVA, 2008).

Atualmente tem-se notado um aumento no número de artigos relacionados a técnicas de produção de PCIs usando o papel como substrato (GIMENEZ; YÁÑEZ-LIMÓN; SEMINARIO, 2010; ZHENG *et al.* 2013; HAN *et al.* 2015), principalmente depois da descoberta do grafeno (KURRA; KULKARNI, 2013). Outra técnica considerada intermediária para produção de PCIs, de uma única face ou dupla face, consiste no revestimento na placa de cobre com um filme fotográfico, chamado de dry film, que sofre exposição em luz ultravioleta (UV) e segue para etapa de corrosão química, mais detalhes dessa técnica a ser descrita no item 4.1.2.

2.4. O conceito de pH no ensino básico

Em 1909, ao estudar a influência da acidez de reações enzimáticas, Sørensen desenvolveu a definição de pH, ao perceber que mudanças na magnitude da concentração de íons de hidrogênio afetavam em ordem exponencial essas reações. Sendo assim, pH foi expresso em termos de concentração molar de íons hidrogênio, de acordo com a equação 1.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad (1)$$

A aplicação do conceito matemático de logaritmo foi atribuído para produzir uma escala mais simples de medição de acidez e alcalinidade (SØRENSEN, 1909). Um conceito equivocado sobre o significado do pequeno p em pH foi promovido por meio de livros didáticos (NØRBY, 2000), na tentativa de didatizar o pequeno p, atribuíram um significado de pH como sendo “Potencial de Hidrogeniônico”. Mas, Sørensen (1909) usou a letra **p** e **q** e o símbolo **H** para designar a concentração molar de íons de hidrogênio, como uma variável matemática. Devido ao uso dessas variáveis matemáticas incomuns, em vez de x e y, surgiram equívocos sobre o significado do pequeno p (NØRBY, 2000). Frequentemente, alguns cientistas expressam a concentração de uma espécie em termos de **p-função** ou **p-valor**. Sendo este p-valor o logaritmo negativo (na base 10) da concentração molar da espécie (SKOOG, 2006).

Assim, para a espécie X, temos a equação 2.

$$\text{pX} = -\log [\text{X}] \quad (2)$$

A definição de pH (equação 1) por Sørensen apresenta limitações e é funcional apenas para soluções muito diluídas de íons de hidrogênio. Essa equação 1 aparentemente gera controvérsias, quando aplicada em cálculo teórico e comparado com as medidas experimentais, pois frequentemente apresentam valores diferentes (BURTON, 2007). Hawkes (1994) descreve que o professor de química ao ensinar métodos de cálculo de pH cujas respostas diferem dos dados experimentais, causa muita confusão nos alunos (Tabela 1).

Tabela 1 - Comparação entre valores de pH de soluções ácidas

Solução	pH	
	Calculado	Experimental
HCl 0,1 mol L ⁻¹	1,0	1,1
0,01 mol L ⁻¹ HCl em 5 mol kg ⁻¹ de LiCl	2,0	0,8

Fonte: HAWKES, 1994.

Portanto, uma declaração incorreta desse tema com base em simples cálculos de logaritmos gera equívocos na compreensão do conceito de pH. Essa discrepância não pode ser justificada por erros no preparo dos tampões de calibração, controle da temperatura ou até mesmo a calibração do pHmetro. Controlar essas variáveis são importantes, mas isso não é justificativa, pois o problema está na equação de Sørensen que é simplificada, ela não leva em consideração o efeito da força iônica do meio e negligencia a atividade molar dos íons hidrogênio em cálculos de pH. A atividade, ou concentração efetiva, de uma espécie X depende da força iônica do meio e é definida na equação 3.

$$a_x = [X] \gamma_x \quad (3)$$

Onde, a_x é a atividade da espécie X, $[X]$, a sua concentração molar e γ_x é uma grandeza adimensional chamada coeficiente de atividade (SKOOG, 2006).

Uma atividade comum no ensino médio ou mesmo na universidade é realizar leituras de pH de muitos líquidos. Os alunos fazem essas medidas com fitas de pH (KIM, 2008), sendo comum contextualizar o ensino de pH usando indicadores naturais que contêm antocianinas. Extratos vegetais contendo antocianinas mudam de cor sob diferentes condições de pH (KANDA *et al.*, 1995), sendo os mais utilizados, aqueles obtidos da beterraba e do repolho roxo (CUCHINSKI; CAETANO; DRAGUNSKI, 2010; DE AQUINO *et al.*, 2016).

Essa é uma atividade prática bastante antiga, sendo introduzida no século XVII por Robert Boyle (BOYLE, 1972; BÁNYAI, 1972). No entanto, esse tipo de proposta não contextualiza o conceito de pH com sua aplicação prática e a maioria dos alunos do ensino médio, que não cursarão faculdades de química, não veem nenhuma importância no conhecimento do conceito de pH.

Assim, uma reestruturação na forma como o conceito de pH é apresentada aos estudantes pelo professor é de grande relevância. Uma estratégia é vincular o conceito de pH a problemas ambientais ou de saúde, permitindo que os indivíduos adotem práticas mais saudáveis.

A água doce, por exemplo, deve ter um pH entre 6 e 9 para ser adequada à vida aquática. Embora algumas espécies aquáticas sejam mais resistentes do que outras a mudanças de pH da água de um rio, valores extremos de pH podem causar

a morte de peixes e macroinvertebrados (HOLDEN, 2014; FONDRIEST ENVIRONMENTAL, 2013).

O sistema digestivo do ser humano é mais tolerante a níveis de pH entre 4 e 11, faixa em que provoca mínima irritação gastrointestinal (FONDRIEST ENVIRONMENTAL, 2013). Por outro lado, a intoxicação alimentar é um grave problema de saúde em crianças e idosos, causados pela ingestão de alimentos ou água contaminados por microrganismos. Os microrganismos também são afetados pelo pH. Quando Heinz desenvolveu seu famoso ketchup de tomate, ele usou um conservante natural, o vinagre (BUTLER, 2012), que inibe a proliferação de microrganismos (LEVINE; FELLERS, 1940).

O ser humano também possui um sistema tampão que regula o pH do sangue, cuja alterações provocam acidose ou alcalose, que causam danos irreversíveis as células (PORTO; BRANCO; OLIVEIRA, 2005).

2.5. Efeitos do pH no crescimento microbiano

Fatores como temperatura, pH, osmolaridade e o oxigênio afetam o crescimento de microrganismos. O pH, apresenta uma escala de 0 a 14, sendo a acidez expressa por valores inferiores a 7 e alcalinidade por valores superiores a 7 e pH 7 representa a neutralidade. A maioria dos ambientes naturais apresenta valores de pH entre 3 e 9, e os organismos cujos valores ótimos situam-se nessa faixa são os mais comuns, pois cada microrganismo possui um pH ótimo para seu crescimento (MADIGAN *et. al*, 2016).

O ramo da biologia que estuda os seres que não podem ser vistos a “olho nu”, é a microbiologia. Essa ciência foi impulsionada com a invenção do microscópio pelo holandês Anton Van Leeuwenhoek e, posteriormente, por Robert Hooke. Esses pioneiros, ao fazerem observações detalhadas de células animais e vegetais, descobriram o mundo dos microrganismos (KRUIF, 1986), e com base em suas observações, se desenhou a morfologia das bactérias, protozoários e outros microrganismos (CHO; BLASER, 2012; TURNBAUGH *et al.*, 2007).

Os microrganismos são encontrados no meio ambiente, podendo ser utilizados no saneamento básico e ambiental, outros participam dos ciclos naturais no planeta; na fabricação de alimentos, cosméticos e fármacos, além de terem participação direta

na terapia gênica para tratamento de doenças (JACOBUCCI; JACOBUCCI, 2009; LOPES, 1998; PRADO; TEODORO; KHOURI, 2004). Por outro lado, alguns tipos de microrganismos também podem ser encontrados no corpo humano. O termo microbioma ou microbiota é empregado para definir a comunidade ecológica de microrganismos que funciona como um determinante da saúde e da doença de um indivíduo (CONSORTIUM HMP, 2012).

Microrganismos são protagonistas de muitas doenças, dentre elas podemos citar a dengue, candidíase, varíola, hanseníase, coronavírus e outras. Contudo, a maioria dos microrganismos que habitam o corpo humano não provocam doenças, muito pelo contrário, desempenham funções importantes para o hospedeiro, tais como: auxílio na digestão dos alimentos, induzem a produção de vitaminas, proteção do hospedeiro contra microrganismos patogênicos (FAUST *et al.*, 2012; MURRAY, 2000; WEBER; POLANCO, 2012).

O conteúdo de microbiologia é muito interessante para o ensino, pois oferece aos alunos uma visão ampla dos microrganismos e pode ser contextualizado com a importância para a saúde humana e manutenção do equilíbrio ecológico, além das diversas aplicações e benefícios tanto individuais quanto coletivos (MADIGAN, MARTINKO E PARKER, 2004; PELCZAR; CHAN; KRIEG, 1997).

As bactérias são organismos relativamente simples, unicelulares e o material genético não é envolto por membranas, por isso são classificadas como seres procariontes. Apresentam diversas formas, tais como: bacilos, cocos, estrelas e espirilos, podendo ser autotróficas ou heterotróficas (TORTORA; FUNKE; CASE, 2005). Alguns estudiosos acreditam que as bactérias estão presentes em todos os ambientes, dos mais simples aos mais extremos e complexos, e foram os primeiros seres a habitar o planeta Terra (BOSSOLAN, 2002; MADIGAN *et al.*, 2010; TORTORA; FUNKE; CASE, 2005; TRABULSI; ARLTEHUM, 2005).

Com o desenvolvimento das técnicas de coloração de Gram foi possível classificar as bactérias em Gram-positivas ou Gram-negativas, de acordo com suas características sob o microscópio e à relativa resistência ao descoloramento pelo álcool (TRABULSI; ALTERTHUM, 2005).

As bactérias Gram-positivas, possuem polímeros de glicerol e ribitol fosfato que carregados negativamente auxiliam no transporte de íons positivos. Neste tipo de bactéria, a maior parte da parede celular é composta de um peptidoglicano, tornando-a mais espessa e resistente. As bactérias Gram-negativas, a parede celular

é relativamente fina e mais complexa, envoltas por uma membrana externa lipopolissacarídica

Devido a pouca espessura, a membrana celular funciona como um tipo de peneira molecular. Na camada externa existem canais de difusão formados por proteínas especiais, chamadas porinas, que permite a passagem das moléculas (BROOKS *et al.*, 1998; BROCK, 1997).

2.5.1. *Escherichia coli*

A *Escherichia coli* pertence à família *Enterobacteriaceae* e são bastonetes Gram-negativos não esporulados, contendo flagelos peritríquios (LERNER; LERNER, 2003; ESLAVA *et al.*, 2003). São microrganismos anaeróbios facultativos e comuns no trato gastrointestinal humano e de outros animais de sangue quente (JAY, 2000; ESLAVA *et al.*, 2003). Não representam perigo para o seu hospedeiro, mas algumas estirpes podem ser patogênicas, sendo responsáveis por diarreias em crianças, septicemia, meningite neonatal, infecções do trato urinário (GORCHEV; OZOLINS, 2011), pneumonia e gastroenterite, embora muitas destas infecções sejam assintomáticas (ESLAVA *et al.*, 2003; LERNER; LERNER, 2003).

2.5.2. *Staphylococcus aureus*

As *Staphylococcus aureus* são pertencentes à família *Micrococcae* e são cocos Gram-positivos que geralmente se apresentam não encapsulados (SANTOS *et al.*, 2007). Podem ser encontradas na flora natural da pele sem causar doenças, porém podem se tornar patogênicas quando ocorre a ruptura da pele e/ou comprometimento imunológico (GELATTI *et al.*, 2009).

As infecções por *S. aureus* representam 20% das infecções bacterianas humanas e 30% dos casos de infecções hospitalares, nas quais, os pacientes, funcionários e o próprio ambiente são considerados como potenciais reservatórios (MUNDIM *et al.*, 2003). Além disso, esses microrganismos têm a capacidade de desenvolver rapidamente resistência a antibióticos, como o metilina (GELATTI *et al.*, 2009).

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Ensinar os conceitos de pH de forma contextualizada relacionando-o com situações cotidianas e outras áreas afins do conhecimento, e implementar uma atividade experimental de pH de baixo custo.

3.2. Específicos

- Desenvolver um aparelho “caseiro” para medidas de pH para aulas práticas de química, usando um multímetro de eletricitista associado com uma interface eletrônica e um eletrodo de vidro.
- Ampliar as habilidades dos estudantes na construção e interpretação de gráficos e tabelas, associando com a construção de curvas de calibração e princípios matemáticos de função de primeiro grau e interpolação para medir valores desconhecidos de pH de substâncias usuais do cotidiano;
- Mostrar como a variação de pH afeta a vida, em especial de bactérias do tipo Gram positivo e Gram negativo a partir de diferentes métodos de semeadura;
- Implementar experimentos de microbiologia com meio de cultura “caseiro” e acessíveis de serem realizados em escolas com poucos recursos financeiros e de infraestrutura.

4. METODOLOGIA

Para o ensino contextualizado de pH, foram desenvolvidas três propostas:

1. Medidas de pH usando um aparelho de baixo custo;
2. Efeito da variação do pH na vida de microrganismos;
3. Experimento microbiológico com meio de cultura “caseiro”.

4.1. Construção de um aparelho para leituras de pH

A construção de um pHmetro de baixo custo para o ensino de química ocorreu em 3 etapas: i) criação do layout do circuito eletrônico por meio de software; ii) impressão do layout; iii) a produção do PCI utilizando da técnica de fotolitografia e a montagem do aparelho. Essas etapas são descritas a seguir.

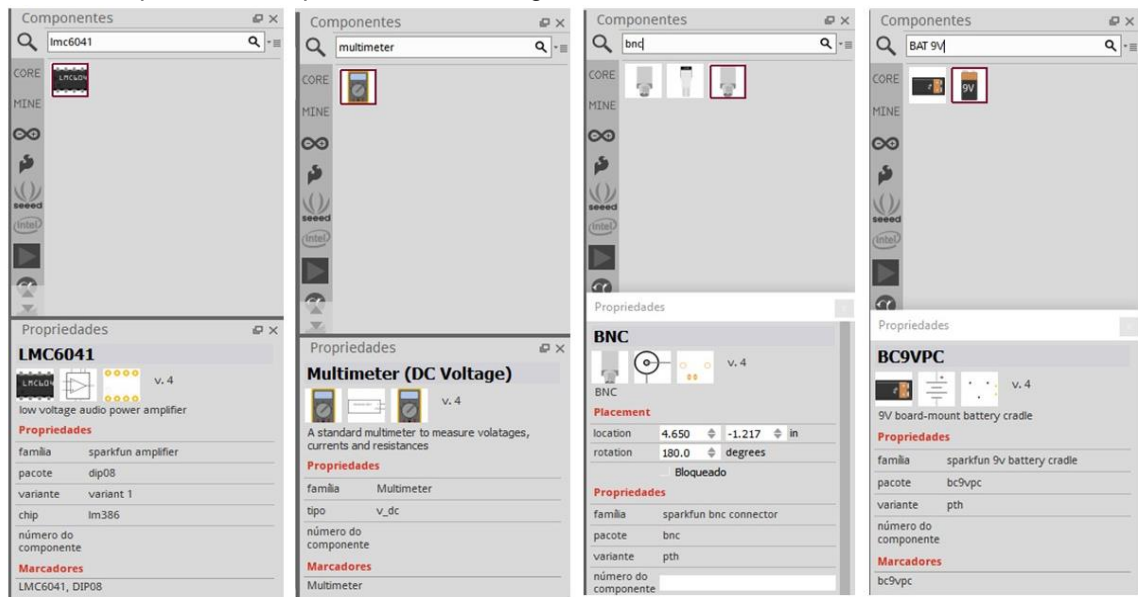
4.1.1. Criação do projeto no Fritzing

Primeiramente, para criação de projetos no Fritzing, que é um software livre, é necessário realizar um registro gratuito, depois fazer o Login, e seguir os passos abaixo.

4.1.1.1. MODO “PROTOBOARD”- Adicionando os componentes

Na aba de pesquisa, foram localizados os componentes necessários para o desenvolvimento do projeto de acordo com a Figura 1. Após encontrado cada componente, os mesmos foram selecionados e arrastados para a área onde se encontra o protoboard. Para ligar os componentes na matriz de contatos (furos no protoboard), basta arrastá-los para cima dela e posicionar os conectores em cima dos furos.

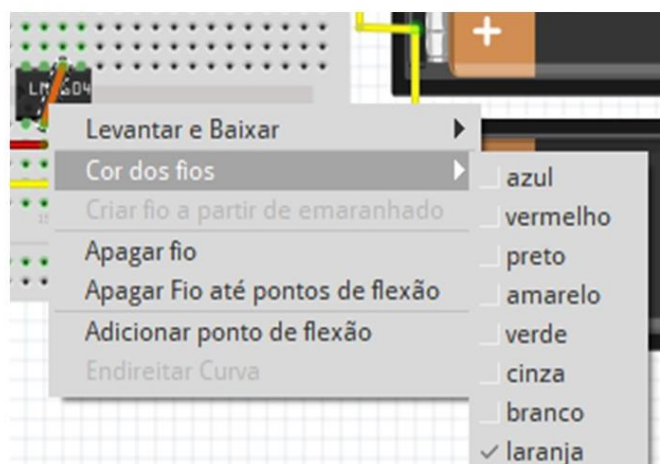
Figura 1 - Pesquisa dos componentes no Fritzing.



Fonte: Autora, 2017.

Para fazer as ligações com fios é necessário clicar no terminal do componente e arrastar até o ponto em que deseja ligá-lo, depois basta ajustar o fio. Para melhorar a visualização, as cores dos fios podem ser alteradas clicando sobre eles com o botão direito e selecionando a opção conforme mostra a Figura 2.

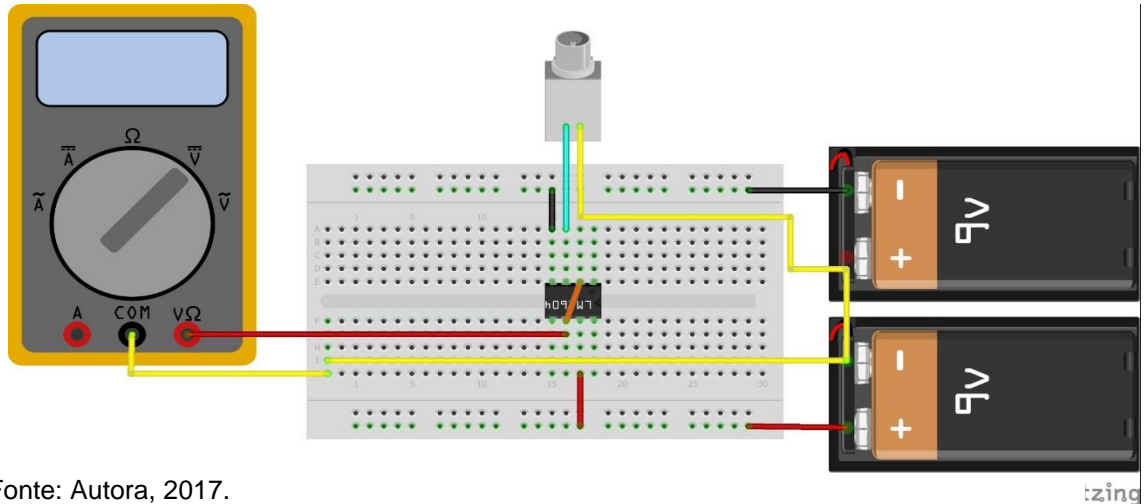
Figura 2- Mudança da cor dos fios no Fritzing.



Fonte: Autora, 2017.

O protótipo do pH-multímetro projetado virtualmente no Fritzing está apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Protótipo do circuito do pHmetro.

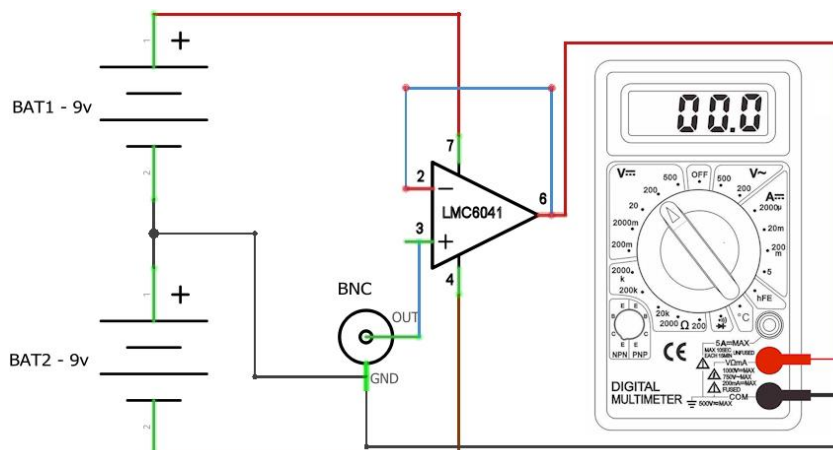


Fonte: Autora, 2017.

4.1.1.2. MODO ESQUEMÁTICO

Ao serem adicionados os componentes no protoboard e ligá-los, automaticamente eles são representados pelos símbolos eletrônicos de cada componente no modo esquemático conforme a Figura 4.

Figura 4 - Representação do circuito pela simbologia dos componentes.

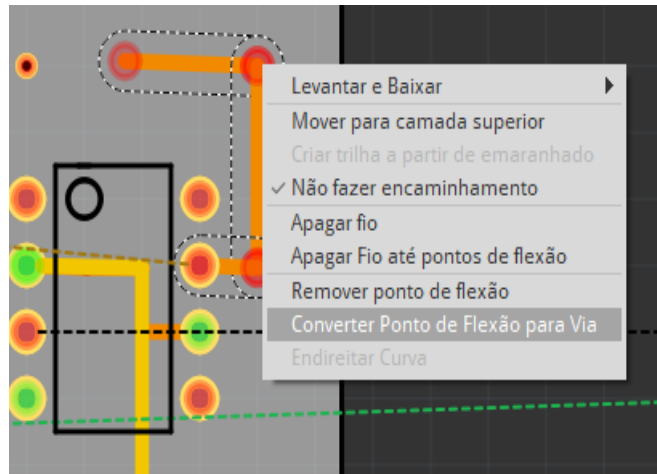


Fonte: Os autores, 2017.

4.1.1.3. MODO PCB

Da mesma maneira que ocorre no modo esquemático, no modo PCB os componentes também são adicionados automaticamente. A imagem gerada é uma projeção de como ficará o circuito impresso. Em propriedades, foi ajustado a dimensão da placa para 2,5 cm de comprimento × 2,5 cm de largura de tal maneira que sobre a placa ficou apenas o Op Amp e, os pontos de flexão dos demais componentes foram transformados em vias, conforme a Figura 5.

Figura 5 - Convertendo os pontos de flexão para via.

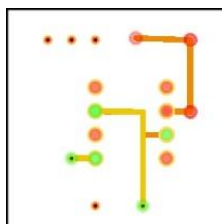


Fonte: Autora, 2017.

Por fim, a imagem é exportada no formato PDF ou JPEG como mostra a Figura 6. Com o auxílio do software Libre Office Draw a imagem pode ser editada, espelhada e criado o seu negativo, como mostra a Figura 7.

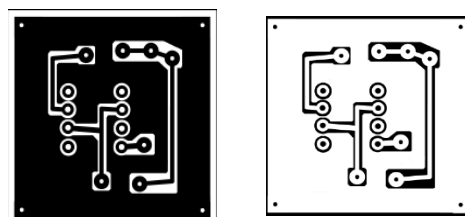
O layout foi impresso num papel A4 em uma impressora LASER. Depois de impresso, essa “máscara” (fotolito) foi utilizada na técnica de fotolitografia para confecção do circuito na placa de cobre.

Figura 6 - Layout do circuito



Fonte: Autora, 2017.

Figura 7 - Edição do CAD no Libre Office Draw.



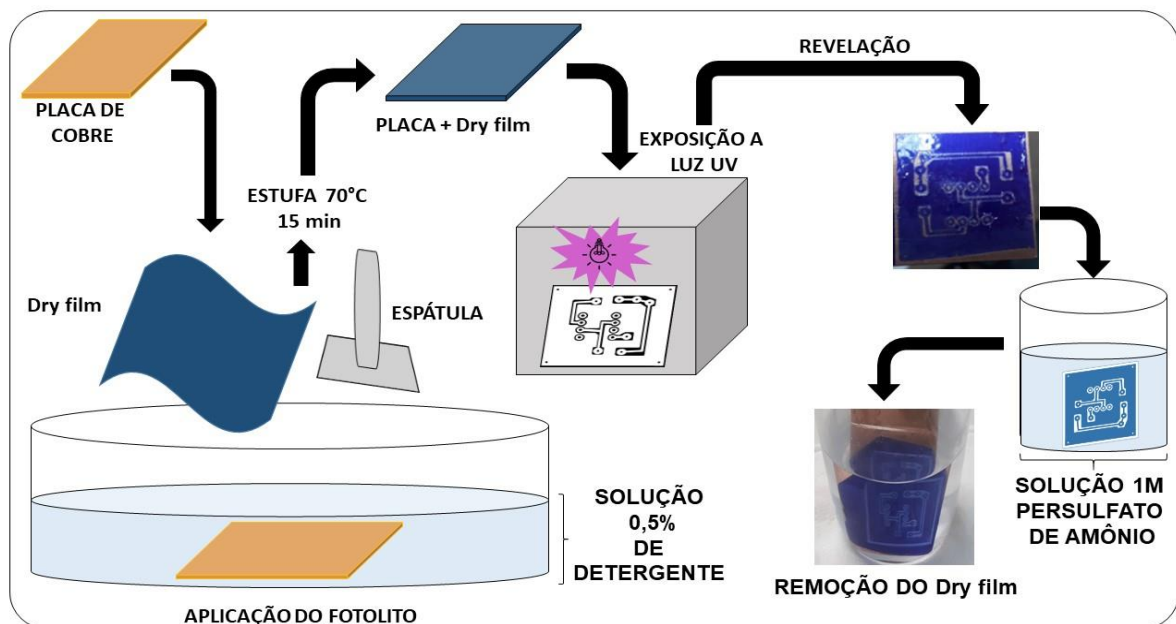
Fonte: Autora, 2017.

4.1.2. Produção de PCI através da técnica de fotolitografia

A fotolitografia foi a técnica empregada para a transferência do circuito eletrônico projetado para a placa de PCI. A 1ª etapa é a aplicação de um monômero fotossensível (dry film) sobre a placa de PCI. Um pedaço de dry film é imerso em uma solução de detergente (0,5%) e aderido ao PCI pela tensão superficial. Posteriormente, o conjunto PCI-dry film é levado a estufa para a evaporação da água. Em seguida, o fotolito contendo o desenho do circuito é posicionado sobre a superfície cobreada da placa contendo o dry film e exposto em radiação ultravioleta (UV) por 13 minutos. Após esse tempo, tem-se a transferência do desenho para a placa como podemos observar na Figura 8. O dry film empregado é um fotoresiste negativo, isto é, a região exposta à radiação ultravioleta se polimeriza, enquanto que a região não exposta a luz é solúvel em soluções alcalinas.

Após a remoção do dry film não exposto à radiação UV, a placa de cobre passa pelo processo de corrosão química com solução de persulfato de amônia 1 M.

Figura 8 - Esquema do processo de fotolitografia para criação do circuito do pHmetro.



Fonte: Autora, 2020.

4.1.3. Soldagem dos componentes na placa de cobre e montagem do medidor de pH

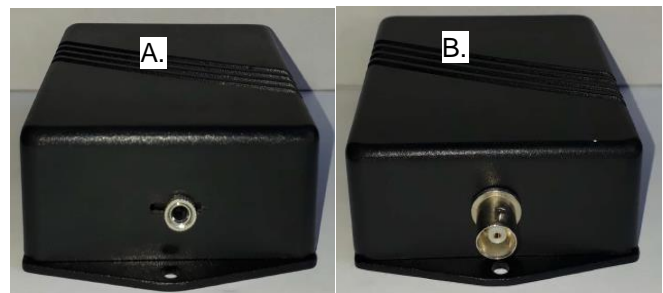
Na montagem do aparelho para medida de pH, a superfície cobreada da placa de fenolite fica virada para baixo como observado na Figura 9. O circuito eletrônico foi projetado com base em trabalhos anteriores com algumas modificações (HARRIS; HARRIS, 1992; COSTA; FERNANDES, 2019). O amplificador operacional de ultrabaixo consumo de energia, código LMC6041 (NATIONAL SEMICONDUCTOR, 2000), foi empregado na interface eletrônica, e é o único componente soldado diretamente na placa, os demais são fios de ligação aos conectores de baterias, BNC e Jack J2 Estéreo. Para evitar oxidação da superfície cobreada do fenolite, a mesma recebeu uma camada de tinta primer e, para dar mais estabilidade ao circuito, o mesmo foi fixado em cima de um pedaço de isopor com espaços laterais para encaixar as baterias de 9V. Por fim, tudo foi organizado dentro de uma caixa plástica com tampa. Nas laterais mais estreitas da caixa, como mostra a Figura 10, tem duas entradas, uma para a conexão do eletrodo de vidro, e outra para o multímetro de eletrnicista.

Figura 9 - Circuito montado.



Fonte: Autora, 2019.

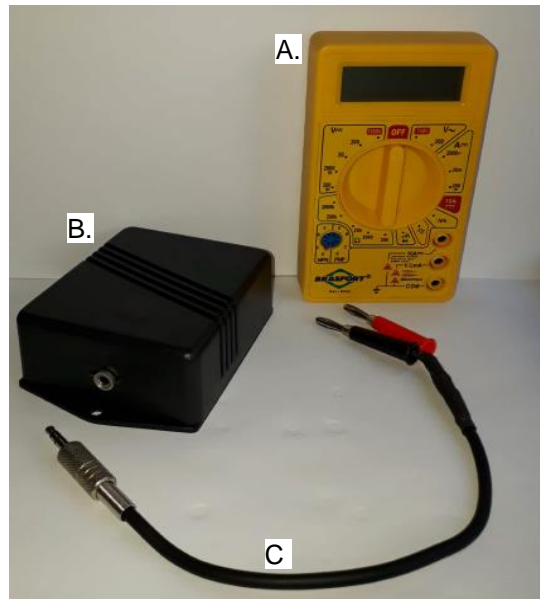
Figura 10 - Entradas laterais na caixa. A. Entrada para o conector Jack; B. Entrada para conectar o BNC do eletrodo de vidro.



Fonte: Autora, 2019.

Para conectar ao multímetro, foi confeccionado um cabo de 15 cm, onde uma extremidade possui um Adaptador P2 Macho e a outra um par de conector plug banana macho (vermelho e preto), como mostrado na Figura 11.

Figura 11 - Cabo para conectar ao multímetro. A. Multímetro digital; B. Caixa plástica com circuito; C. Cabo com conectores para multímetro e a caixa.



Fonte: Autora, 2019.

4.2. Testes com o aparelho de baixo custo

4.2.1. Preparo dos padrões secundários de pH

Para fazer leituras de pH com o aparelho, foram preparados 50 mL de cada uma das sete soluções listadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Soluções empregadas no preparo dos tampões secundários de pH.

Substância	Concentração, M
HCl	0,2
NaOH	0,2
KCl	0,2
$C_8H_5KO_4$	0,1
NaH_2PO_4	0,1
TRIS	0,1
$NaHCO_3$	0,05

Fonte: Autora, 2020.

A solução de NaOH foi padronizada com biftalato de potássio e a solução de ácido clorídrico, com a solução de hidróxido de sódio recém-padronizada. Os padrões

secundários de pH foram preparados seguindo as instruções da Tabela 3. Com o auxílio de uma bureta de 50 mL foram adicionados os respectivos volumes da **solução A e B** para um balão volumétrico de 50 mL. Posteriormente, cada balão foi aferido até o menisco com água destilada.

Tabela 3 – Volumes para o preparo de cada padrão secundário de pH.

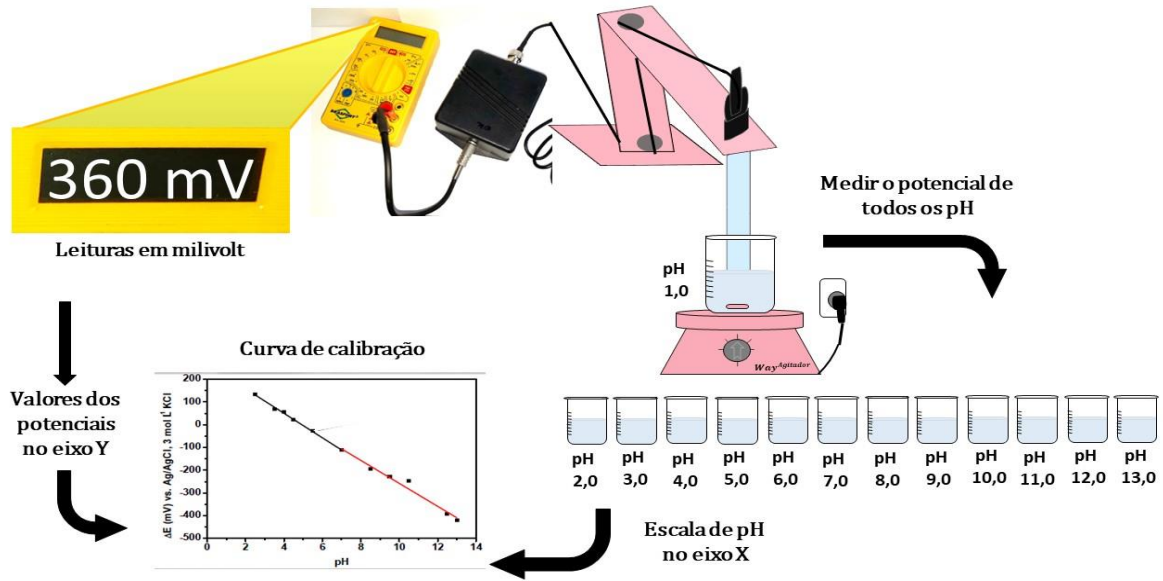
pH	SOLUÇÃO A (mL)		SOLUÇÃO B (mL)	
	Concentração	Volumen	Concentração	Volumen
1,0	HCl 0,2M	31,7	KCl 0,2M	12,5
2,0	HCl 0,2M	3,12	KCl 0,2M	12,5
3,0	HCl 0,2M	5,31	KHC ₈ H ₄ O ₄ 0,1M	25,0
4,0	HCl 0,2M	0,023	KHC ₈ H ₄ O ₄ 0,1M	25,0
5,0	NaOH 0,2M	5,76	KHC ₈ H ₄ O ₄ 0,1M	25,0
6,0	NaOH 0,2M	1,42	NaH ₂ PO ₄ 0,1M	25,0
7,0	NaOH 0,2M	7,44	NaH ₂ PO ₄ 0,1M	25,0
8,0	HCl 0,2M	6,92	TRIS 0,1M	25,0
9,0	HCl 0,2M	1,38	TRIS 0,1M	25,0
10,0	NaOH 0,2M	2,73	NaHCO ₃	25,0
11,0	NaOH 0,2M	5,78	NaHCO ₃ 0,05M	25,0
12,0	NaOH 0,2M	3,05	KCl 01,M	12,5
13,0	NaOH 0,2M	33,64	KCl 0,2M	12,5

Fonte: JAMES, 1975.

4.2.2. Leituras potenciométricas dos padrões de pH com o pH-multímetro

Para as medidas potenciométricas dos padrões de pH, cada padrão foi transferido para um béquer onde foi mergulhado um eletrodo de vidro. As leituras dos padrões de pH começaram da solução mais alcalina para a mais ácida, sempre lavando o eletrodo de vidro com água destilada após cada medição de potencial e enxugando o bulbo cuidadosamente. Todas as medidas potenciométricas foram anotadas para construção da curva de calibração, como esquematizado na Figura 12.

Figura 12 - Esquema das leituras potenciométricas com o pHmetro de baixo custo.

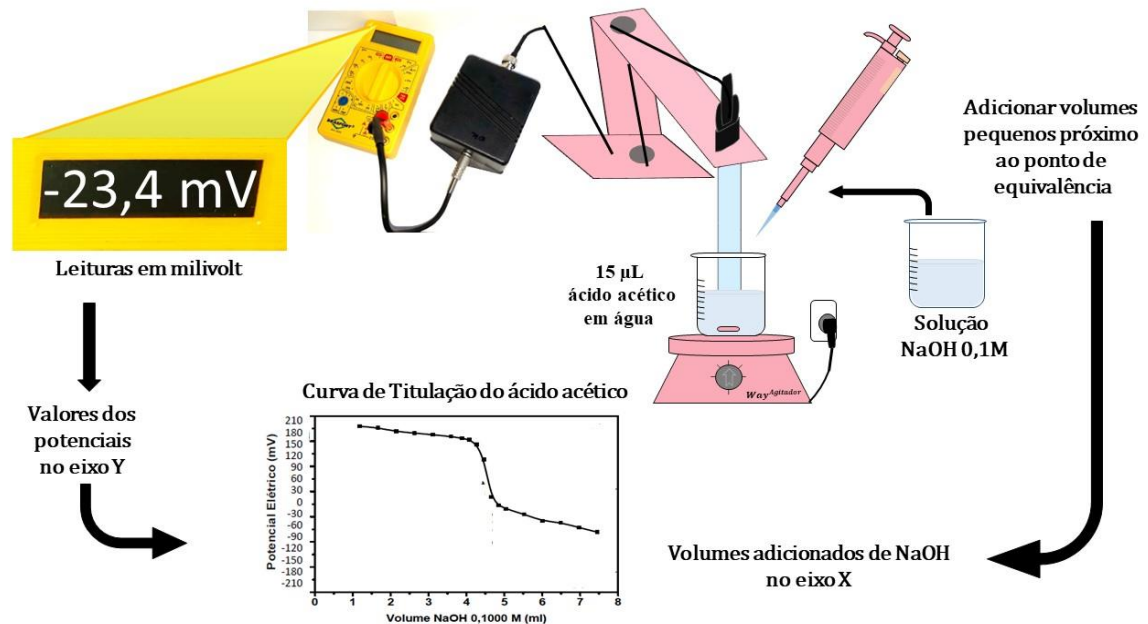


Fonte: Autora, 2020.

4.2.3. Titulação potenciométrica do ácido acético glacial

Foram pipetados 15 μL de ácido acético glacial, para ser titulado com uma solução de NaOH 0,1M previamente padronizada. As leituras dos valores de potencial elétrico foram realizadas com o pH-multímetro. Todas as medidas de pH da solução ácida durante a titulação foram realizadas em um banho termostatizado. A curva de titulação do ácido acético foi construída no software Origin 8.0, de acordo com a Figura 13.

Figura 13 - Curva de titulação potenciométrica do ácido acético.



Fonte: Autora, 2020.

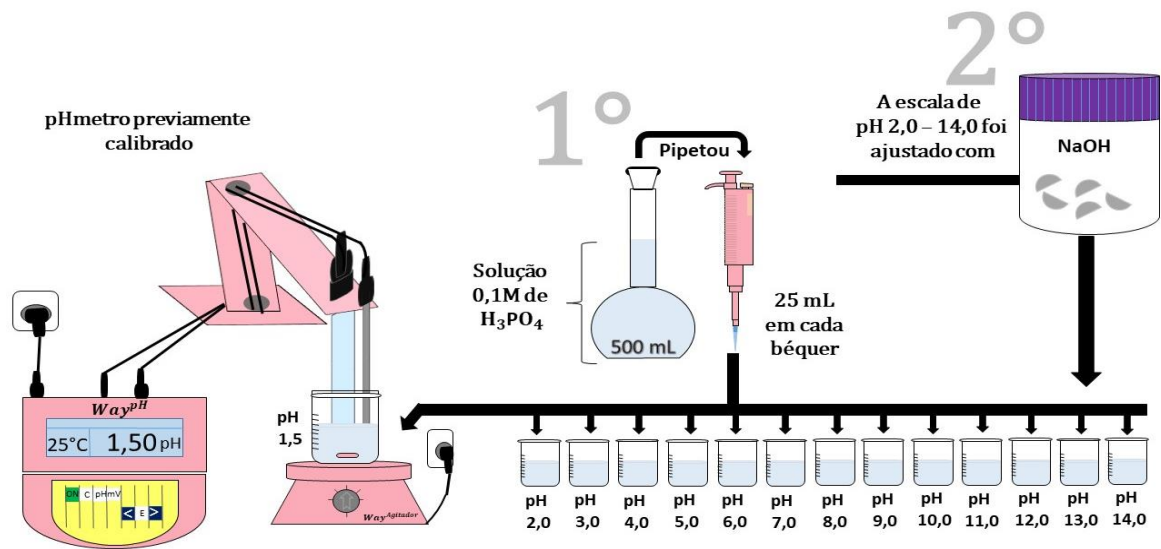
4.3. Preparo de tampões fosfatos de pH e meios de cultura

Para verificar como a variação de pH afeta o crescimento dos microrganismos foram realizados experimentos de crescimento bacteriano utilizando as cepas comerciais empregadas em diagnostico, *Escherichia coli* E005 e *Staphylococcus aureus* S009.

4.3.1. Preparo dos tampões fosfato

Soluções tampão de fosfato de sódio foram preparadas para avaliar o efeito da variação do pH em microrganismos. Cada solução foi preparada a partir da adição de 25 mL da solução de ácido fosfórico 0,1M, ajustado o pH com hidróxido de sódio e, posteriormente, aferindo o volume com água ultrapura até 50 mL. Cada solução tampão foi esterilizada por autoclave e armazenada a 4°C até seu uso. A faixa de pH preparada foi de 1,5-14 e todas as leituras foram realizadas com um pHmetro previamente calibrado, conforme a Figura 14.

Figura 14 - Esquema do preparo dos tampões de fosfato.



Fonte: Autora, 2020.

4.3.2. Preparos dos meios de cultura

Os meios de culturas foram preparados utilizando-se água ultrapura e posteriormente esterilizados por autoclave. Igualmente, todos os materiais utilizados para esses experimentos também foram esterilizados da mesma forma.

4.3.2.1. Ágar Mueller-Hinton

Ágar Mueller-Hinton é um dos melhores meios de cultura para a realização de testes de sensibilidade aos antimicrobianos. Ele foi preparado conforme as especificações do fabricante, 38 gramas dissolvidos em um litro de água, esterilizado a 1,05 atm de pressão manométrica e 121°C durante 20 minutos, utilizando uma autoclave.

4.3.2.2. Meio de cultura 2xYT – Extrato de levedura triptona

O meio 2xYT é composto por uma mistura de componentes, de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 - Composição do meio 2xYT

Composição	Quantidade em gramas (g)
Triptona	1,6
Extrato e levedura	1,0
NaCl	0,5

4.4. Testes com Microrganismos

Para os testes de sensibilidade de pH, foram utilizadas as bactérias gram-negativa e gram-positiva, *E. coli* E005 e *S. aureus* S009, respectivamente. E todos os testes foram realizados em quadruplicata.

4.4.1. Estudo qualitativo do efeito do pH no crescimento de microrganismos

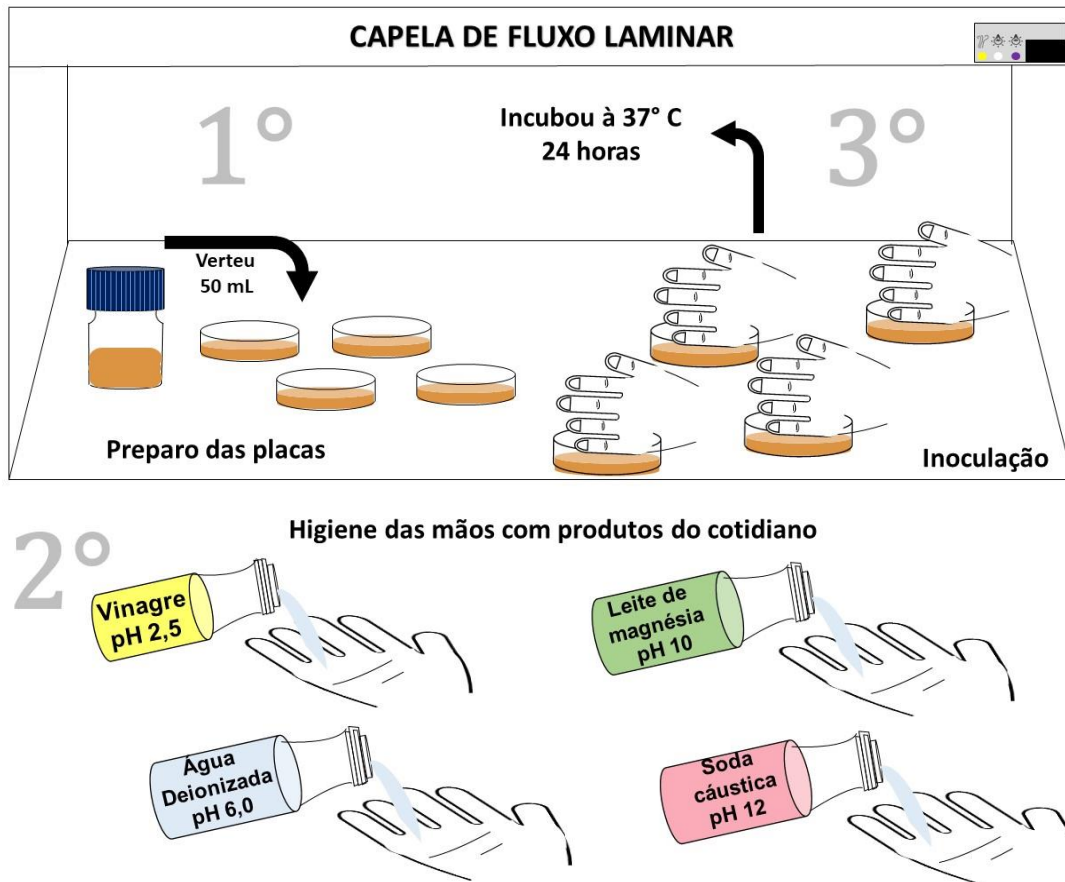
Placas de Petri descartáveis estéreis (140 x 15 mm) foram carregadas com 50 mL de ágar Mueller-Hinton. Com o meio de cultura já solidificado nas placas, foi feita a lavagem das mãos com os produtos descritos na Tabela 5, e após secar naturalmente por 2 minutos, uma das mãos do indivíduo foi posta sobre a placa de Petri. Em seguida, as mãos foram imediatamente lavadas com água em abundância. Esse processo foi repetido em 4 placas, sendo uma placa utilizada como controle, onde foi colocada a mão sem ter sido lavada. Posteriormente, todas as placas foram colocadas em estufa bacteriológica à 35 °C e fotografadas após 12h e 24h de incubação. Todos os testes foram feitos em duplicata. A figura 15 ilustra essa etapa.

Tabela 5 - Produtos do cotidiano com diferentes pH

Produtos do cotidiano	pH
Vinagre	2,6
Água deionizada	6
Leite de magnésia	10
Solução de soda cáustica	12

Fonte: Autora, 2020.

Figura 15 - Esquema de teste de detecção de microrganismo presente nas mãos.



Fonte: Autora, 2020.

4.4.2. Estudo quantitativo do efeito do pH no crescimento de microrganismos

O estudo do efeito do pH, entre 1,5 e 14,0, em bactérias de características gram-negativa e gram-positiva foram realizados em meio fosfato. Nestes estudos, seguiu-se as recomendações do *Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests* (Padrões de desempenho para testes de suscetibilidade de disco antimicrobiano), (2006), sendo utilizadas as cepas de *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* ver, item 4.1.3. e Figura 14.

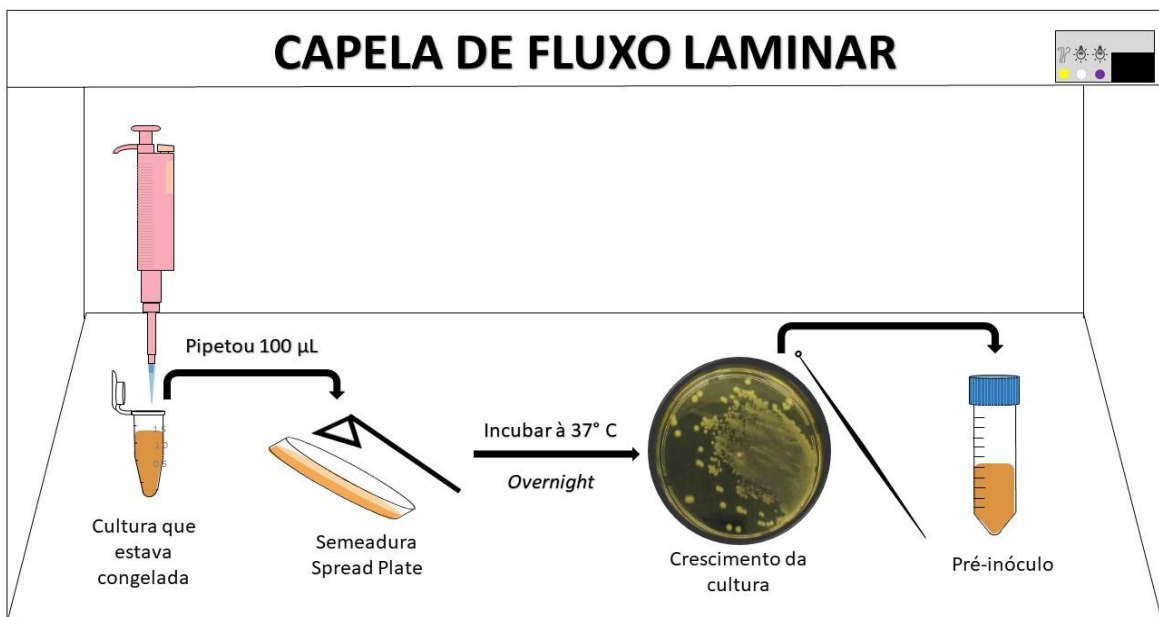
A solução de fosfato foi empregada para controle de variáveis, sendo o pH a única variável que pudesse afetar o crescimento dos microrganismos.

4.4.2.1. Preparo do inóculo

- Isolamento de Unidades Formadoras de Colônia, UFC, para o preparo do pré-inóculo.

Em capela de fluxo laminar foi realizado o crescimento das colônias de bactérias. Aproximadamente um volume de 15 mL de ágar Mueller-Hinton estéril foi transferido para duas placas de Petri. Após a solidificação do meio, com auxílio de uma alça de Drigalski estéril, foi realizado a semeadura dos microrganismos pelo método espalhamento em placa (em inglês, *Spreader Plate*) e colocado para incubar a 35° C durante a noite (*overnight*). No dia seguinte, as colônias mais isoladas e morfologicamente similares foram transferidas para o meio 2xYT para preparo do pré-inóculo, com mostra a Figura 16.

Figura 16 - Esquema de crescimento de microrganismo para preparo do pré-inóculo.



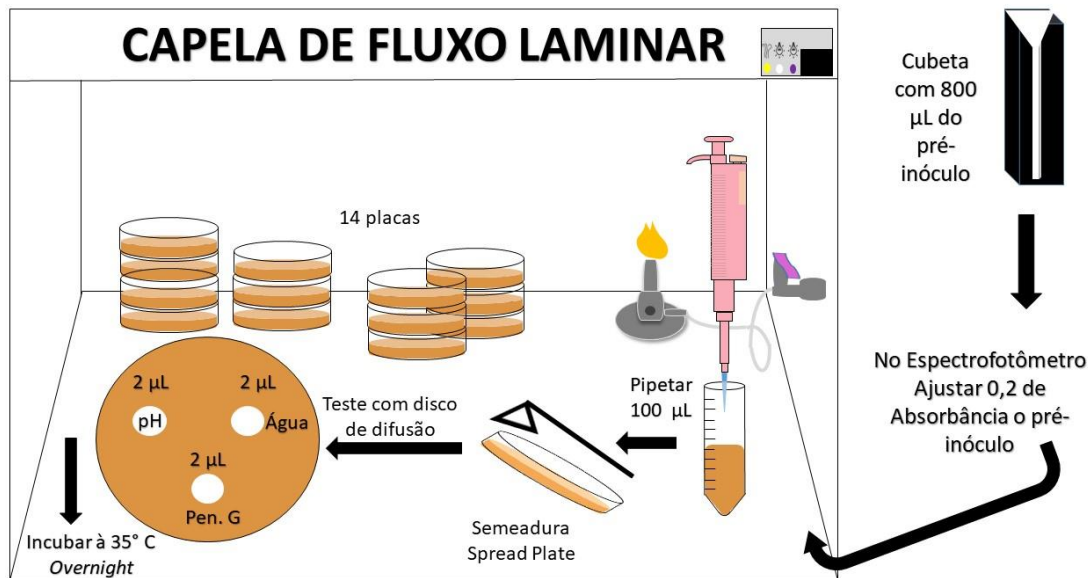
Fonte: Autora, 2020.

4.4.2.2. Testes bacterianos com disco de difusão

Para cada suspensão celular foi ajustada a densidade óptica (D.O.) até obter uma leitura de 0,2 o que equivale a $2,2 \times 10^8$ UFC/mL (pré-inóculo). Para a suspensão de bactérias *S. aureus* foi utilizado o comprimento de onda, λ , de 530 nm e para *E. coli* foi 600 nm. Aliquotas de 50 µL ($\sim 1,1 \times 10^7$ UFC) de cada pré-inóculo foram

dispersados em 14 placas Petri (60×15 mm) contendo meio sólido ágar Mueller-Hinton. Com auxílio de uma alça de drigalski estéril foi realizado a sementeira pelo método *Spreader Plate*. Em seguida, foram colocados três discos de difusão de diâmetro 7,2 mm em cada placa, mantendo uma distância constante entre si e afastado da borda da placa de Petri. Após aplicação dos discos, foram adicionados em cada disco, 3 soluções diferentes: 2 µL de tampão fosfato, 1 µL de penicilina como controle positivo, 1 µL de água estéril como controle negativo, conforme esquematizado na Figura 14. Por fim, as placas foram colocadas para incubar a 35° C durante a noite, sendo fotografadas no dia seguinte. Esse procedimento foi realizado em duplicata, com quatorze placas com cultura *E. coli* e quatorze placas com cultura de *S. aureus* (Figura 17).

Figura 17 - Esquema de Semeadura com utilização de disco de difusão.



Fonte: Autora, 2020.

4.4.3. Testes com Inoculação em Tubos de Ensaio

4.4.3.1. Preparo do inóculo

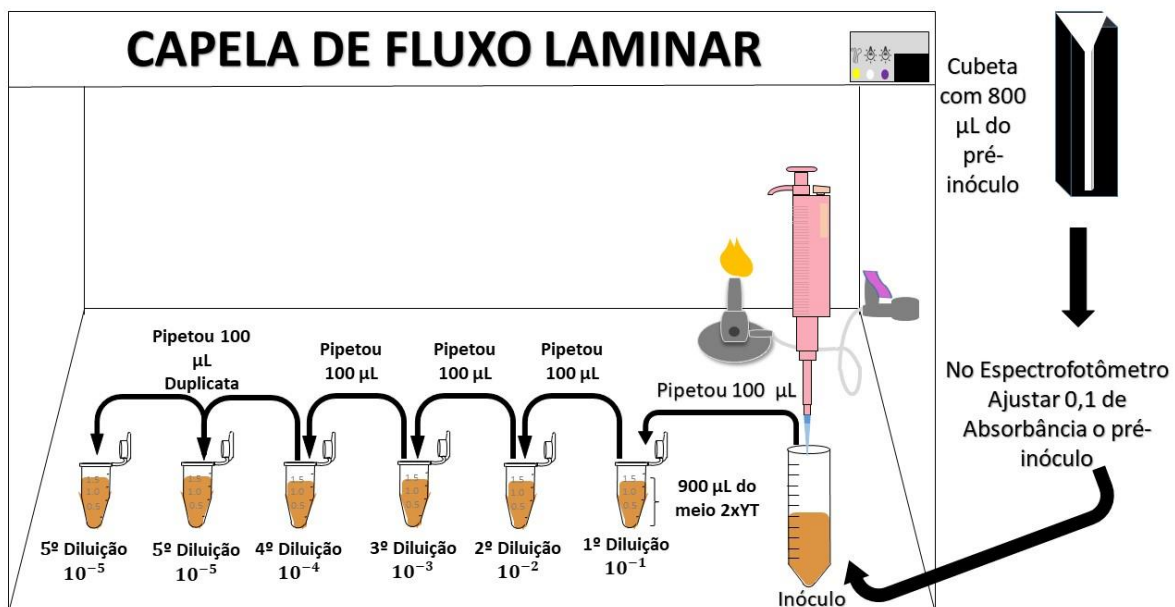
- Crescimento de culturas para preparo do pré-inóculo.

O procedimento descrito no item 4.4.2.1 foi repetido, conforme anteriormente mostrado na Figura 13.

4.4.3.2. Diluições do inóculo

Após o crescimento das culturas, a suspensão do inóculo também passou por leituras no espectrofotômetro, de forma similar ao esquema apresentado anteriormente na Figura 14, onde a densidade óptica (D.O.) da suspensão de bactérias foi ajustado para 0,1 ($1,5 \times 10^8$ UFC mL⁻¹) a 530 nm para *S. aureus* e 600 nm para *E. Coli*. Depois disso, o inóculo passou por 5 diluições, conforme mostra a Figura 18.

Figura 18 - Diluições do inóculo em eppendorffs com meio 2xYT.

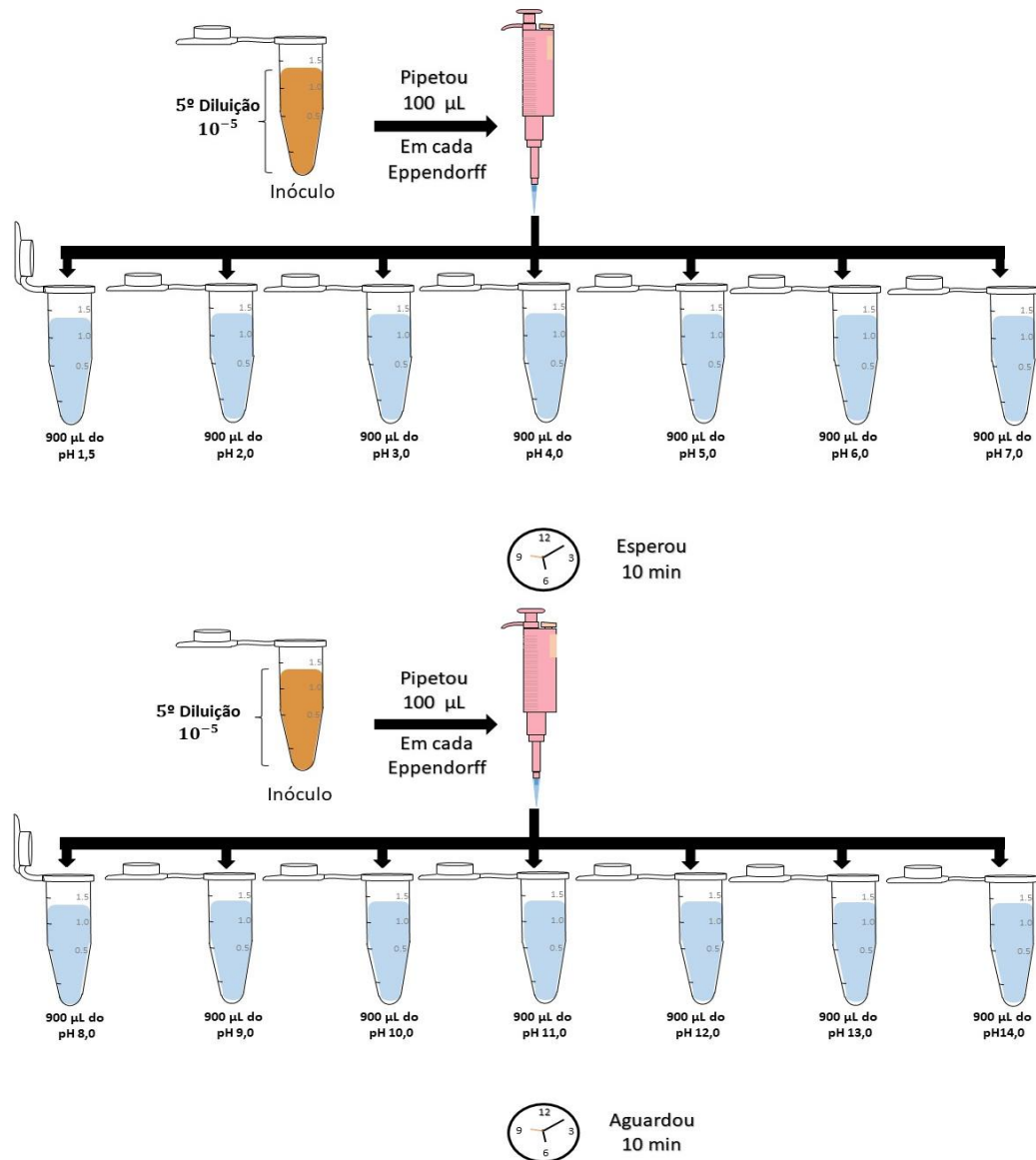


Fonte: Autora, 2020.

4.4.3.3. Adição do inóculo diluído nos diferentes pHs

100 µL do inóculo diluído foram adicionados para eppendorffs que continham 900 µL de cada tampão fosfato e aguardou-se aproximadamente 10 minutos dentro de cada um dos diferentes pH das soluções de fosfato, conforme mostra a Figura 19.

Figura 19 - Adicionando o inóculo em eppendorffs com pH de 1,5 – 14,0.



Fonte: Autora, 2020.

4.4.3.4. “Escala Microbiológica de pH”

Na inoculação em Tubo de Teste (TIT), o método consistia na adição do inóculo ao meio de cultura ainda líquido, antes de ser vertido para placa de Petri (SOUZA; KITAHARA; FERNANDES, 2014). Foram adicionados 100 µL de cada solução de pH, após o contato com as bactérias, foi transferido para tubos de testes contendo solução coloidal de ágar Mueller-Hinton, numa temperatura mantida entre

Tabela 6 – Perfil das escolas

ESCOLA	SÉRIE	NÚMERO DE ALUNO	TIPO DE ENSINO	TURNO	LOCALIZAÇÃO
A	9º ano	12	Modular	Matutino	Fordlândia- Município de Aveiro.
B	1º ano	26	Regular	Matutino	Vila Curuai- Lago
B	1º ano	9	EJA	Noturno	Grande
C	2º ano	31	Regular	Matutino	Santarém-Pará
D	2º ano	18		Matutino	Santarém-Pará
E	3º ano	21	Regular	Matutino	Belterra-Pará
E	3º ano	30	Regular	Vespertino	Belterra-Pará
F	2º ano	28	Regular	Matutino	Alenquer-Pará
F	3º ano	18	Regular	Matutino	Alenquer-Pará
F	1º ano	30	Regular	Vespertino	Alenquer-Pará
F	3º ano	37	Regular	Vespertino	Alenquer-Pará

Fonte: Autora, 2020.

O projeto foi aplicado em 6 escolas, sendo uma de nível fundamental II e as demais de ensino médio. Um total de 260 alunos participaram da atividade de ensino proposta.

4.5.2. Aplicação da Proposta de Ensino nas Escolas

Em sala de aula o projeto foi desenvolvido em 3 momentos:

1º Momento: Aplicação de questionário para avaliar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o conceito de pH;

2º Momento: Exposição de aula contextualizada e experimental, consistindo de: calibração do pH-multímetro com padrões secundários de pH (Tabela 3), construção de gráfico da função do primeiro grau, leituras de potencial elétrico com eletrodo de vidro de produtos comerciais comuns do cotidiano dos estudantes, determinação do

pH destes produtos por interpolação gráfica e apresentação dos resultados obtidos nos estudos do efeito do pH no crescimento de microrganismos, com o teste qualitativo (item 4.4.1). Durante a atividade, um debate foi conduzido sobre o que estava sendo exposto, além de apresentar a importância e o efeito que causa pequenas variações de pH para a vida tanto humana e dos demais seres vivos. Para finalizar, realizamos medidas da água do bebedouro da escola, e pedimos para a turma julgar se o valor era aceitável para o consumo ou não.

3º Momento: Após a aula, teve a aplicação do mesmo questionário para avaliar se o ensino contextualizado foi significativo.

4.5.3. Pré e Pós-Questionários

Os questionários aplicados encontram-se na Figura 21. Eles foram entregues para os alunos e se estabeleceu um tempo de 5 minutos para eles responderem. Depois da aula expositiva e demonstrativa (experimental) sobre os conceitos de pH, com duração de 60 minutos, os estudantes responderem o segundo questionário.

Figura 21 - Modelo do questionário.

Questionário 1	Questionário 2
Turma: _____ Turno: _____	Turma: _____ Turno: _____
1. Você sabia que alguns dos produtos que são usados em nosso cotidiano apresentam pH? () Sim () Não	1. Você sabia que alguns dos produtos que são usados em nosso cotidiano apresentam pH? () Sim () Não
2. Você sabe explicar porque tomamos antiácidos ou efervescentes para aliviar a azia? _____	2. Você sabe explicar porque tomamos antiácidos ou efervescentes para aliviar a azia? _____
3. Você sabia que a variação de pH afeta a vida de todos os seres vivos? Explique. _____ _____	3. Você sabia que a variação de pH afeta a vida de todos os seres vivos? Explique. _____ _____

Fonte: Autora, 2020.

Para tabulação dos dados foram atribuídas notas de 0, 5 e 10 (Ruim, Regular e ótima) para as respostas e depois foi aplicado métodos estatísticos baseados em testes de hipóteses para verificar se a atividade foi significativa.

Com base na pontuação dos questionários, aplicamos um teste de hipótese no nível de confiança de 95% para verificar se o ensino do conceito de pH contextualizado

com seu efeito no crescimento de microrganismos foi significativo para os estudantes (SKOOG *et al.*, 2006). A hipótese nula postula, como verdadeira, que a diferença média (μ_d) entre a pontuação do questionário, antes e depois das demonstrações experimentais, é zero ($H_0: \mu_d = 0$), enquanto a hipótese alternativa é diferente de zero ($H_a: \mu_d \neq 0$).

A estatística do teste pode ser expressa pelas equações abaixo (SKOOG, 2006).

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum d_i^2 - \frac{(\sum d_i)^2}{N}}{N - 1}} \quad (4)$$

e

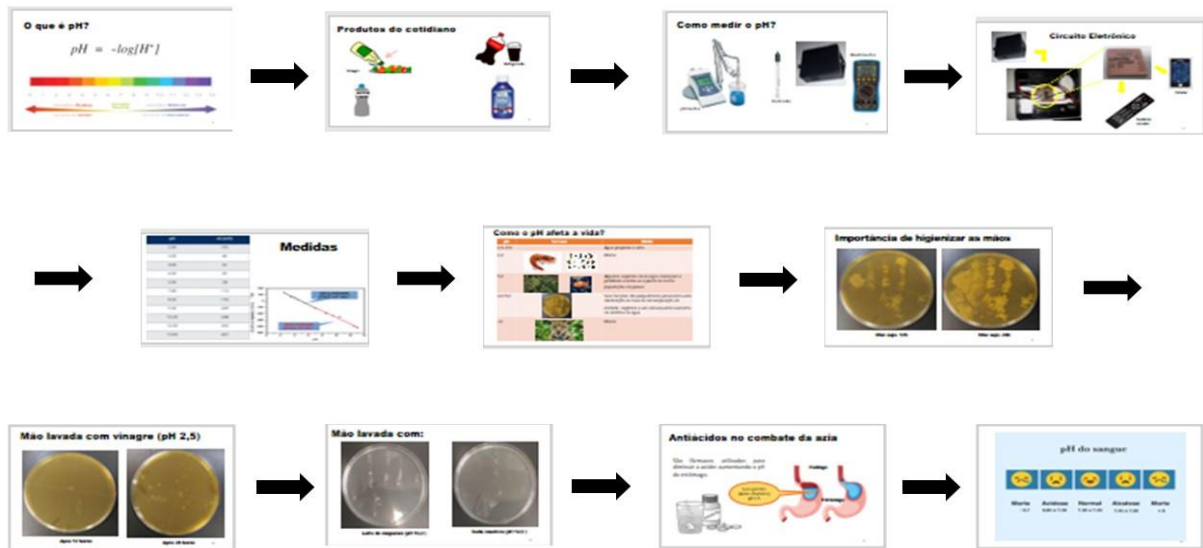
$$t = \frac{\bar{d} - 0}{\frac{s_d}{\sqrt{N}}} \quad (5)$$

Onde \bar{d} é a diferença média; s_d é a estimativa do desvio padrão para a diferença entre a pontuação do questionário (d_i) e N é o número de salas de aula.

4.5.4. Aula contextualizada sobre pH.

Na aula expositiva foram apresentados o conceito de pH, sua representação matemática e sua escala. Na demonstração prática, foi mostrado o aparelho comercial (pHmetro) que realiza essas medidas, comparando as medidas com o pH-multímetro (descrito na seção 4.1 desse trabalho), sendo explicado resumidamente como foi sua confecção e como as medidas seriam realizadas. Depois, em tempo real, fizemos leituras de alguns tampões secundários de pH, medimos alguns pH de produtos comerciais e da água do bebedouro da escola. Os dados obtidos no experimento descrito na seção 4.4. (Figura 22) foram usados para representar como a variação do pH afeta os microrganismos. Também foi apresentado o funcionamento dos antiácidos e como mudanças no pH do sangue afeta a vida dos seres humanos. A sequência das aulas está disponível na Figura 19.

Figura 22 - Aulas contextualizadas de pH.



Fonte: Autora, 2020.

4.6. Proposta de experimentação utilizando meio de cultura "caseiro".

4.6.1. Confeção de uma estufa bacteriológica de baixo custo

A fabricação foi feita usando uma caixa de armazenamento de plástico com tampa de tamanho 420 x 300 x 270 mm (34 Litros). Para a geração do calor necessário ao crescimento do microrganismo foi empregada uma lâmpada incandescente da Philips, modelo P45 de 40 W, 127 V, 455 lm e tamanho de 73 x 45 mm, como mostra a Figura 23. A temperatura foi monitorada por meio de um termômetro digital.

Figura 23 - Estufa bacteriológica.



Fonte: Autora, 2020.

4.6.2. Composição e preparo do meio de cultura caseiro

Desenvolvemos um meio de cultura caseiro para substituir o ágar Mueller-Hinton com base em ingredientes culinários, como podemos observar na Tabela 7. Todos os ingredientes foram adquiridos no mercado local ou em loja de produtos naturais para a saúde. O tempero para carne tinha em sua composição sais, cebola, alho, pimenta, açúcar, ácido fólico, óleo de soja, glutamato de sódio e fosfato de cálcio.

Tabela 7 - Composição do meio de cultura caseiro

Ingredientes	Quantidade em gramas (g)
Temperos para carne	2,4
Fermento biológico seco	2,0
Ágar-ágar gelatina vegetal	5,0

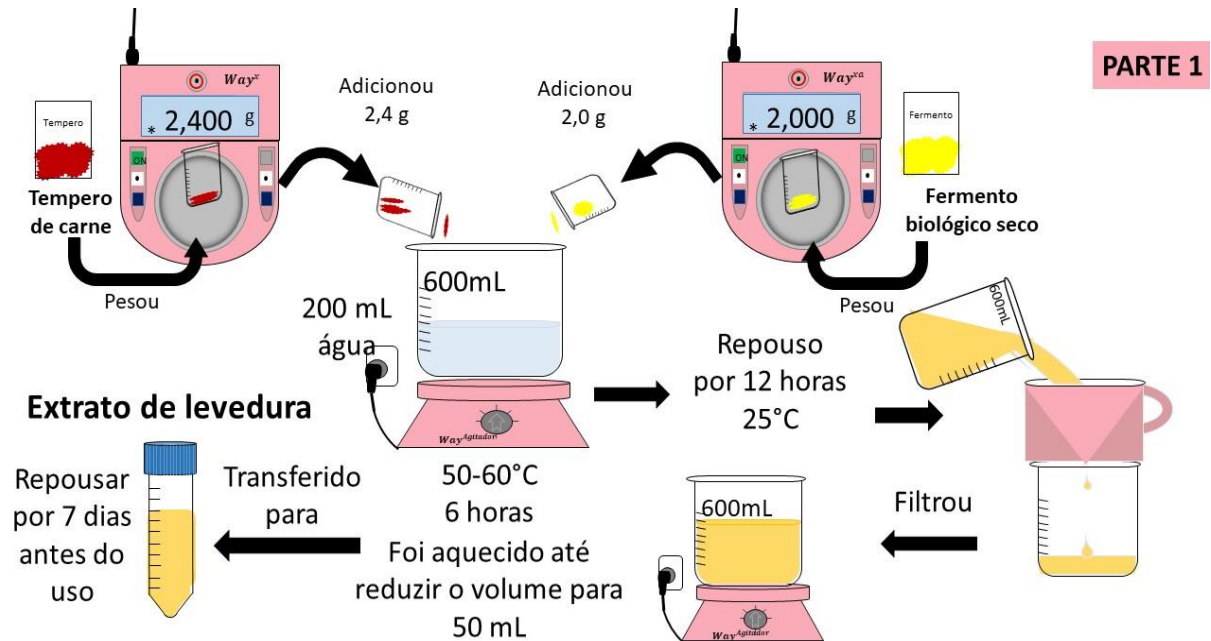
Fonte: Autora, 2021.

4.6.3. Modo de Preparo do meio

4.6.3.1. Tratamento prévio com os nutrientes do ágar alternativo

Inicialmente, foi pesado 2,4 g de tempero e 2,0 g de fermento biológico seco para um béquer de 600 mL, sendo adicionados 200 mL de água destilada para o mesmo. A mistura foi aquecida a 50-60 °C por 6 h e depois deixada em repouso por 12 h em temperatura ambiente. Posteriormente, a mistura foi filtrada e o filtrado foi fervido até atingir 50 mL. Essa solução foi armazenada em tubo cônico com tampa e mantida em repouso por uma semana, a Figura 24 mostra esse procedimento.

Figura 24 - Preparo dos nutrientes para enriquecer o ágar caseiro.

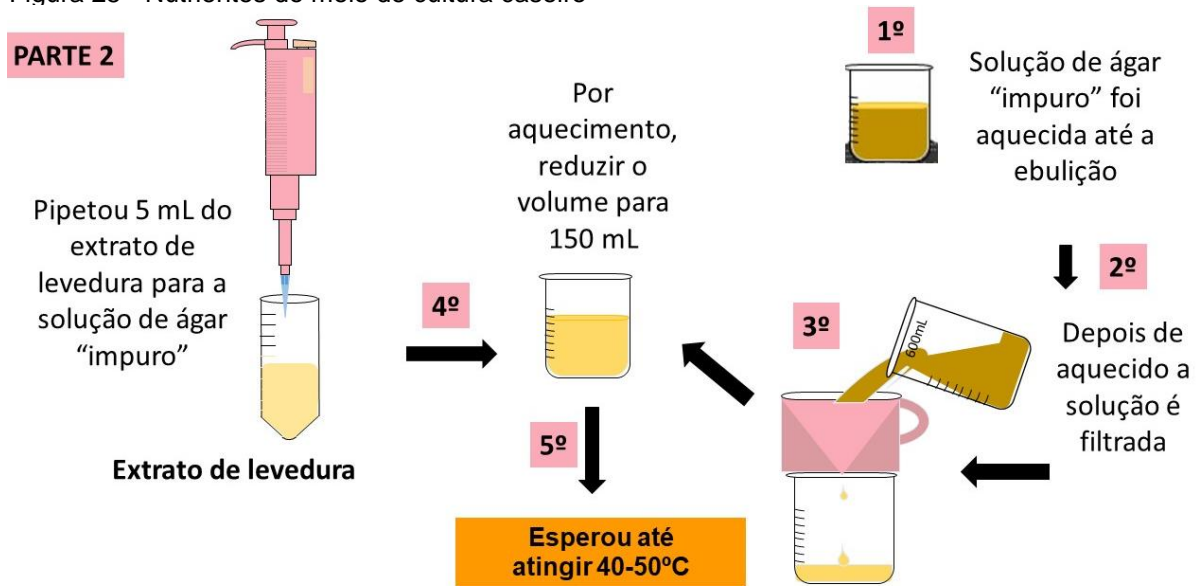


Fonte: Autora, 2021.

4.6.3.2. Nutrientes do meio de cultura

Após os 7 dias, o meio de cultura caseiro foi preparado a partir de 5 g de ágar comercial, sendo adicionados 800 mL de água destilada. Essa mistura foi preparada em um béquer de 1L. A solução de ágar foi aquecida e filtrada com um filtro de café tipo cone. O volume do sobrenadante resultante foi reduzido para 150 ml por aquecimento e, em seguida, o meio foi nutrido com 5 ml da solução contendo o extrato de levedura “caseiro”. Este meio foi deixado esfriar até atingir 50 °C (Figura 25).

Figura 25 - Nutrientes do meio de cultura caseiro



Fonte: Os autores, 2021.

4.6.3.2. Desenvolvimento do experimento de microbiologia

Para demonstração do uso do meio de cultura caseiro, foram utilizados seis tubos de microcentrífuga Eppendorff 1mL previamente esterilizados com etanol 70% e rotulados com os valores de pH descritos na Tabela 8.

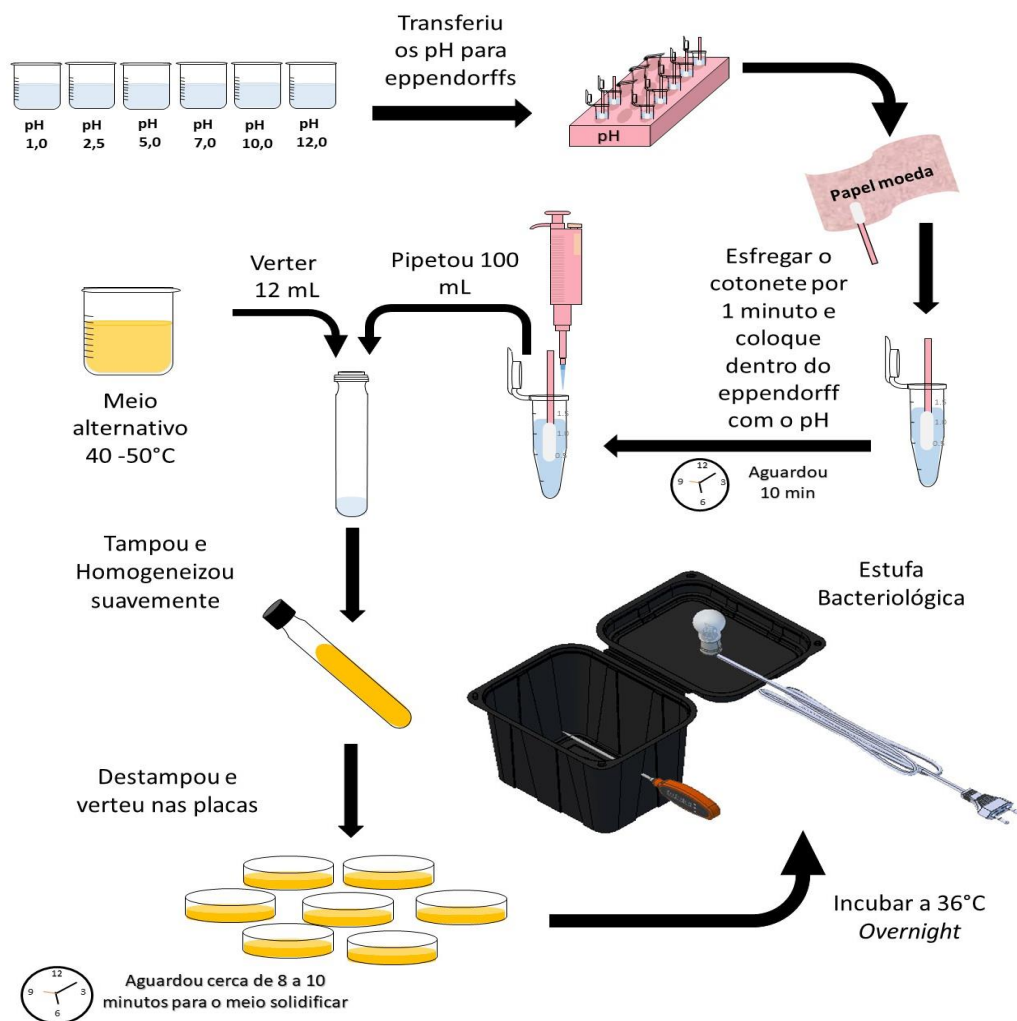
Tabela 8 - Listas de produtos utilizados para verificar o efeito dos pH em microrganismos provenientes do papel moeda.

Produtos Comerciais	pH
Ácido muriático	1
Vinagre	2.5
Solução de biftalato de potássio, tampão secundário	5
Solução de fosfato, tampão secundário	7
Leite de Magnésia	10
Solução de NaOH	13

Fonte: Os autores, 2021.

Um papel moeda foi empregado como fonte de microrganismos. Seis cotonetes foram esfregados separadamente por 1 min no papel moeda e depositados nos tubos Eppendorff. Para cada um, foi adicionado 1 mL do produto comercial de pH conhecido, e aguardou-se 10 min. Por fim, 100 μ l de cada solução dos eppendorffs foram transferidos para 6 tubos de ensaio, previamente esterilizados com etanol 70%. Em seguida, 12 mL do meio de cultura caseiro, na temperatura entre 40 e 50 $^{\circ}$ C foram adicionados a cada tubo de ensaio. O tubo foi tampado, homogeneizado e vertido sobre placa de Petri (90 \times 15 mm). As placas de Petri foram deixadas em repouso até o meio de cultura gelificar e incubadas a 35 $^{\circ}$ C por 12-24 horas em forno bacteriológico caseiro, como representado na Figura 26.

Figura 26 - Protocolo experimental com meio de cultura alternativo.



Fonte: Os autores, 2021.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Confeção do pHmetro de baixo custo

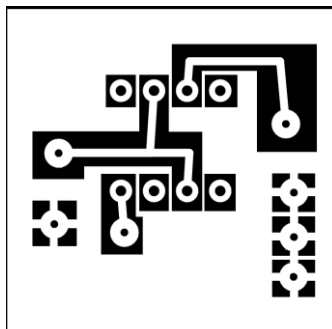
5.1.1. Circuito eletrônico

O software empregado para criação do circuito eletrônico do pHmetro foi o Fritzing, que é gratuito e tem uma funcionalidade simples e objetiva. Este programa é acessível para qualquer pessoa, possibilitando projetar, criar e compartilhar Placas de Circuito Impresso - PCIs porém, não é possível fazer simulações. Existem inúmeros softwares com essa mesma finalidade, porém cada um apresenta suas particularidades, vejamos alguns exemplos.

O EAGLE tem uma versão light (gratuita), porém os projetos se limitam a placas de tamanho máximo de 10 cm x 8 cm, em face dupla, outro software é o PartSim, também gratuito, possui integração com a empresa Digi-Key (PEREIRA, 2018), porém não é possível obter a forma 2D/3D do circuito. Então, a escolha é livre de acordo com o tipo de projeto que pretende ser desenvolvido, como o circuito planejado era bem simples, o Fritzing atendeu adequadamente.

O resultado do layout do circuito foi de qualidade profissional, como pode ser observado na Figura 27, além disso, uma característica muito interessante, é o fato dele ser *open source*, no qual é possível estudar seu código fonte e realizar melhorias.

Figura 27 - Layout do circuito.



Fonte: Os autores, 2017.

5.1.2. Processos para criação dos PCIs – Fotolitografia

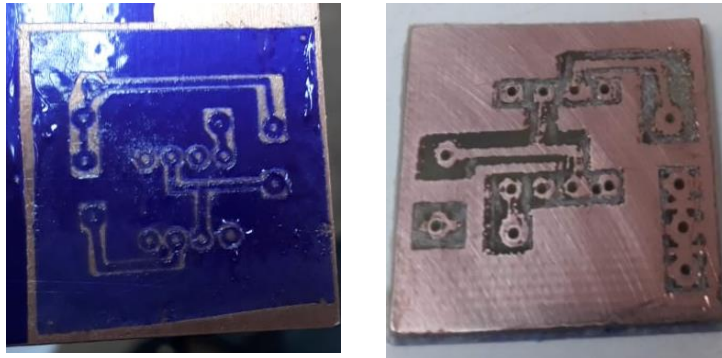
Como um dos objetivos do trabalho foi o desenvolvimento de materiais de baixo custo, a técnica empregada para confecção do circuito foi a fotolitografia, que por sua vez é uma técnica barata e bem antiga para desenvolvimento de PCIs, sendo possível de reproduzir com materiais simples e de fácil acesso. Como mencionado na seção 4.1.2., a etapa após a aplicação da película de fotoresiste é a transferência do layout do circuito para placa com o uso de um fotolito. Essa transferência foi feita com a exposição da placa com o dry film em luz ultravioleta (UV), no qual estudamos o tempo mínimo necessário para transferência do desenho para placa. O tempo mínimo de exposição para a transferência do desenho para a placa contendo o dry film foi de 13 minutos usando uma lâmpada fluorescente UV de 15 W e distância da placa a lâmpada de 5 cm.

Outro método para transferência do layout do circuito para a placa PCI é a termotransferência, usando prensagem à quente. Contudo, a transferência da tinta impressa no papel *transfer*, nem sempre é fácil. Muitas das vezes essa transferência não é completa, resultando em trilhas com falhas e para solucionar esse problema, os reparos são feitos com caneta permanente ou de acetato, mas isso torna-se bastante trabalhoso, dependendo do tamanho e da complexidade do circuito. Outra solução proposta por Rosso; Tavares; Pohlmann (2013) para minimizar esse problema é o uso de papel mais acetinado.

O resultado do circuito obtido em função da técnica de fotolitografia está apresentado na Figura 28. A técnica é rústica, porém foi a mais adequada para minimizar os custos de produção. Para etapa de corrosão usamos perssulfato de amônia. Após a corrosão, todos os pontos foram testados com o multímetro digital para verificar se todos os trilhos estavam conduzindo a corrente elétrica, não sendo necessário fazer nenhum reparo, confirmando que o circuito funciona adequadamente.

Uma das vantagens do *design* do layout do circuito eletrônico por conta do *software* é que todos os parâmetros dos componentes, como o tamanho e dimensão real, estão armazenados em sua base de dados, facilitando a rápida confecção do desenho e realimentação para a correção de erros.

Figura 28 - PCI da interface eletrônica do pH-Multímetro.



Fonte: Autora, 2018

5.1.3. O medidor de pH

A Figura 29 mostra o pH-Multímetro montado. Os materiais são simples e de fácil aquisição no comércio, como a caixa, componentes eletrônicos, baterias e o multímetro de eletricista para medir o potencial desenvolvido na superfície de um eletrodo de vidro. Esse último foi o item mais caro do aparelho, porém é também possível sua confecção com pouco investimento (ROCHA *et al.*, 1995).

O amplificador operacional, código LMC6041, (NATIONAL SEMICONDUCTOR, 2000) foi empregado devido suas especificações técnicas serem as mais adequadas para o propósito (*Datasheet*, 1994 - Figura 30).

Figura 29 - pHmetro de baixo custo.



Fonte: Autora, 2020.

Figura 30 – Filha de dados (Datasheet)

LMC6041
CMOS Single Micropower Operational Amplifier

General Description
Ultra-low power consumption and low input-leakage current are the hallmarks of the LMC6041. Providing input currents of only 2 fA typical, the LMC6041 can operate from a single supply, has output swing extending to each supply rail, and an input voltage range that includes ground.

Features

- Low supply current: 14 μ A (Typ)
- Operates from 4.5V to 15.5V single supply
- Ultra low input current: 2 fA (Typ)
- Rail-to-rail output swing
- Input common-mode range includes ground

Applications

- Battery monitoring and power conditioning
- Photodiode and infrared detector preamplifier
- Silicon based Transducer systems
- Hand-held analytic instruments
- pH probe buffer amplifier
- Fire and smoke detection systems
- Charge amplifier for piezoelectric transducers

Connection Diagram

Ordering Information

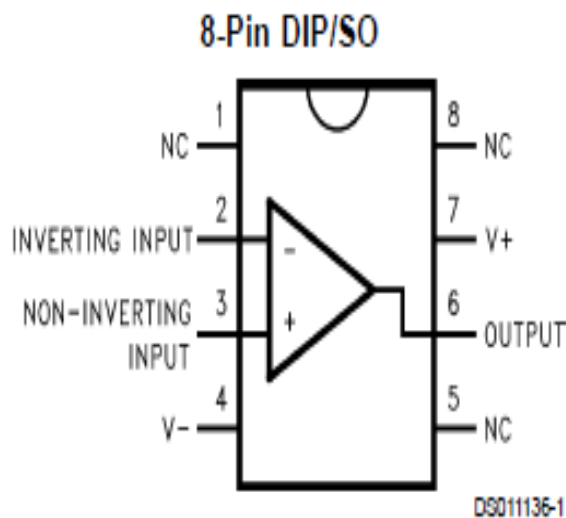
Package	Temperature Range	NSC Drawing	Transport Media
	Industrial -40°C to +85°C		
8-Pin Small Outline	LMC6041AM	MS8A	Reel
8-Pin	LMC6041BM		Tape and Reel
8-Pin	LMC6041AN	NS8E	Reel
Mounted DIP	LM6041H		

Aplicações:

- Monitoramento de bateria e condicionamento de energia
- Fotodiodo e pré-amplificador de detector infravermelho
- Sistemas de transdutores baseados em silício
- Instrumentos analíticos portáteis
- Amplificador de tampão de sonda de pH
- Sistemas de detecção de incêndio e fumaça
- Amplificador de carga para transdutores piezoelétricos

Principais pinos:

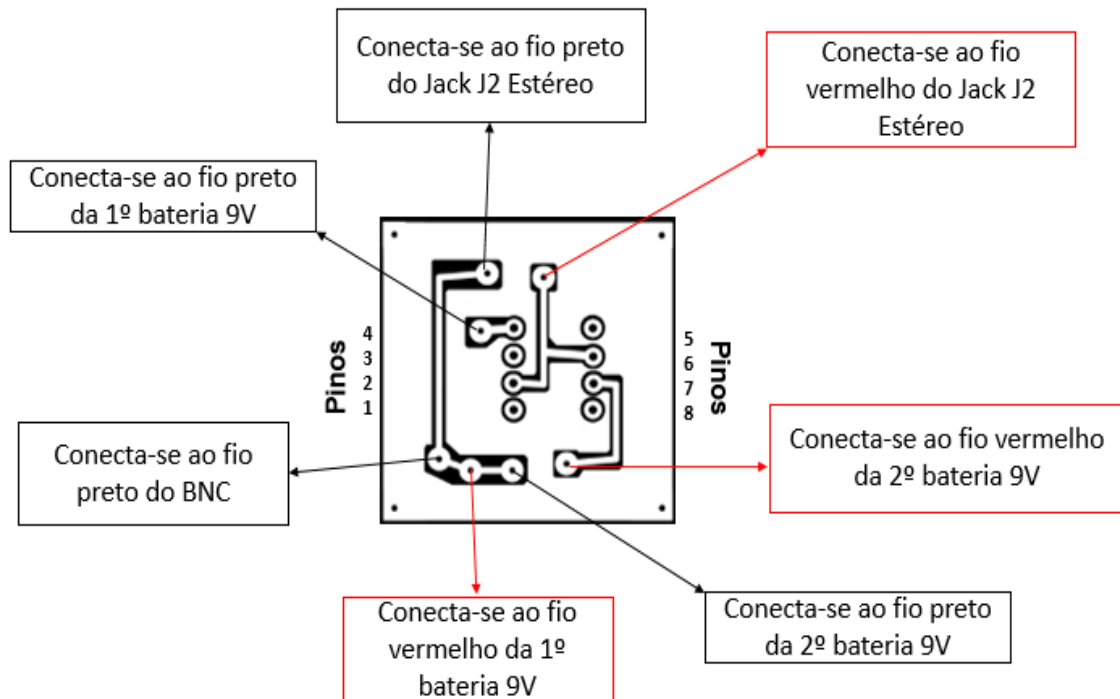
- Pino 2: entrada inversora (negativo);
- Pino 3: entrada não-inversora (positivo);
- Pino 4: fonte de alimentação negativa em Volts, V;
- Pino 6: saída
- Pino 7: fonte de alimentação positiva em volts, V;



Fonte: NATIONAL SEMICONDUCTOR, 2000.

Este Op Amp tem um consumo de energia baixíssimo, operando na faixa de 4,5 a 15,5 volts, além de apresentar uma baixa corrente de fuga de entrada, da ordem de 2fA (femtoampère). O circuito do Op Amp foi montado em configuração *Buffer*, para garantir que a tensão de saída seja exatamente a mesma da entrada, e assim, não gerar alterações nas medidas potenciométricas e impedir a oscilação de saída que se estende a cada trilha de fornecimento de energia, pois o objetivo não é amplificar o sinal, e sim equiparar a impedância do multímetro digital com a impedância do eletrodo de vidro. A forma como cada componente deveria ser soldado na placa poder ser visualizada, detalhadamente, na figura 31.

Figura 31 - Explicação do circuito.



Fonte: Autora, 2020.

5.1.4. Testes com o pH-Multímetro

Em 1992, Harris e Harris desenvolveram um medidor de pH de baixo custo, fazendo uso de um multímetro de eletricitista para medir e exibir a diferença de potencial elétrico desenvolvido em um eletrodo de vidro combinado devido às mudanças de pH. No entanto, o eletrodo de vidro tem uma resistência elétrica 50 vezes maior do que um multímetro comum. Portanto, se um eletrodo de vidro é conectado diretamente a um multímetro (Figura 32), as medições de potencial elétrico de uma solução são significativamente afetadas pela baixa impedância do dispositivo, como podemos observar na Tabela 9.

Figura 32 - Multímetro conectado diretamente ao eletrodo para medidas de pH.



Fonte: Os autores, 2017.

Tabela 9 – Medidas comparativas entre o multímetro sem e com a interface eletrônica.

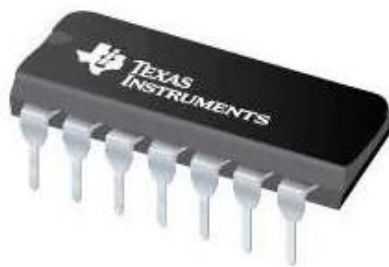
pH	Multímetro + eletrodo	Multímetro + interface eletrônica + eletrodo
	ΔE (mV)	ΔE (mV)
2,5	13,6	135
3,5	10,0	68
4,0	8,5	56
4,5	7,0	22
5,5	3,9	-28
7,0	-0,6	-112
8,5	-5,0	-196
9,5	-7,2	-229
10,5	-7,5	-248
12,5	-14,4	-392
13,0	-15,0	-421

Fonte: Os autores, 2017.

Para superar esse problema, Harris e Harris (1992) usaram um amplificador operacional, Op amp, entre o eletrodo e o multímetro no intuito de combinar a impedância entre o medidor e o sensor potenciométrico. Esses pesquisadores escolheram o LF37, um chip de 4 Op amp, para implementar essa ideia, conforme a Figura 33. No entanto, o LF347 tem resistência de entrada de 10^{12} ohms (TEXAS INSTRUMENT, 2013), o que é relativamente insuficiente quando comparado com o

eletrodo de vidro (5×10^8 ohms) (SKOOG *et al.*, 2014). Para aumentar a impedância de entrada do circuito eletrônico usando este Op Amp, o circuito eletrônico usando o LF347 foi projetado em configuração de três Op Amp-in-amp (HARRIS; HARRIS, 1992; KITCHIN; COUNTS, 2006). Porém, nesta configuração, o circuito eletrônico torna-se muito complexo.

Figura 33 – Dispositivo LF347.



Fonte: TEXAS INSTRUMENT, 2013.

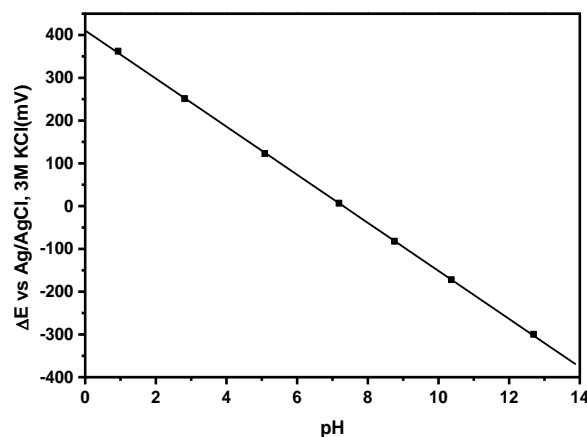
Portanto, usamos o Op Amp LMC6041 em vez do LF347, pelo fato de sua resistência de entrada ser de 10^{13} ohms, onde o circuito eletrônico do multímetro de pH (Figura 29) é mais simples do que o descrito por Harris e Harris (1992).

5.1.4.1. Curva de calibração de pH

O pH-multímetro foi empregado na medida do pH de tampões secundários para a construção de uma curva de calibração (Figura 34, Tabela 9). Analisando a Tabela 9, é possível notar as diferenças nas medidas realizadas com o multímetro conectado diretamente ao eletrodo de vidro comparando com o eletrodo ligado a interface eletrônica e está ao multímetro de eletricitista. Como sabemos que tais medidas estão corretas ou não? Os eletrodos potenciométricos, como o sensor de vidro, seguem a equação de Nernst, onde uma resposta nernstiana para uma faixa de concentração consiste em apresentar uma declividade na curva de calibração de 59 mV por década a 25 °C. Em outras palavras, de cada variação em uma unidade de pH o potencial da solução de tampão secundário deve variar em 59 mV. Com os dados da Tabela 9, construímos a curva de calibração (Figura 34). É facilmente observável, que as

medidas realizadas com a interface apresenta uma declividade bem aproximada do valor esperado, tanto para faixa a ácida como a alcalina, comprovando que a proposta funciona, enquanto que as medidas sem a interface eletrônica para equiparação das impedâncias do multímetro de eletricista com o eletrodo de vidro, ocorre um erro significativo nas medidas de pH.

Figura 34 - Curva de calibração do multímetro com a interface eletrônica usando padrões secundários de pH.



Fonte: Os autores, 2020.

O pH-Multímetro também foi testado na determinação da constante de acidez do ácido acético por titulação potenciométrica (Figura 35). A equação 6 é a equação da reta fornecida pelo gráfico da Figura 34.

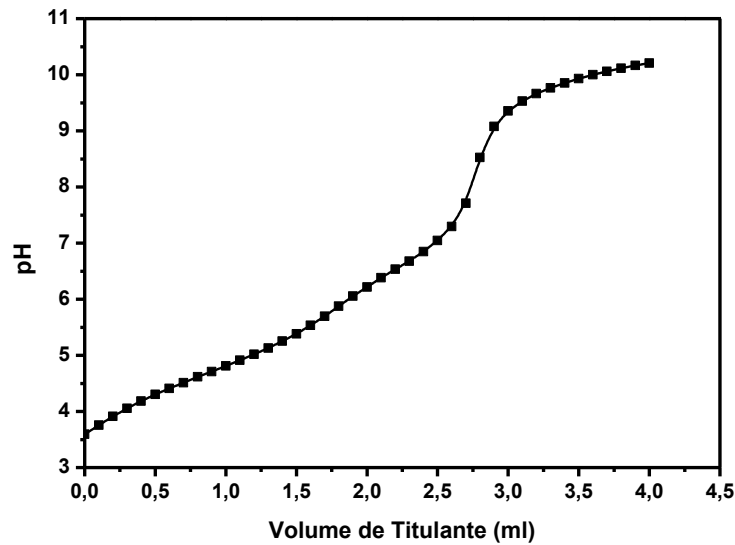
$$\Delta E = (411 \pm 2) - (56,2 \pm 0,2) \text{pH} \quad (6)$$

Sendo, $(56,2 \pm 0,2) \text{pH}$ o coeficiente angular, e (411 ± 2) o coeficiente linear.

5.1.4.2. Titulação Potenciométrica do ácido acético

O pH-Multímetro também foi testado na determinação da constante de acidez do ácido acético por titulação potenciométrica. Os dados obtidos para a titulação potenciométrica de ácido acético com solução de NaOH 0,0917 M, encontram-se na Tabela 10 e a curva de titulação resultante é apresentada na Figura 35.

Figura 35 - Curva de titulação potenciométrica de ácido acético



Fonte: Os autores, 2020.

Tabela 10 - Dados para a curva de titulação.

Ponto	NaOH Volume (mL)	Potencial (mV)	Ponto	NaOH Volume (mL)	Potencial (mV)
1	0,0	208,0	22	2,1	51,3
2	0,1	198,8	23	2,2	42,8
3	0,2	190,0	24	2,3	34,8
4	0,3	182,0	25	2,4	25,2
5	0,4	174,9	26	2,5	14,1
6	0,5	168,2	27	2,6	0,1
7	0,6	162,2	28	2,7	-23,4
8	0,7	156,4	29	2,8	-69,2
9	0,8	150,6	30	2,9	-100,3
10	0,9	145,2	31	3,0	-115,7
11	1,0	139,5	32	3,1	-125,7
12	1,1	133,9	33	3,2	-133,0
13	1,2	128,0	34	3,3	-138,9
14	1,3	121,7	35	3,4	-143,7
15	1,4	114,8	36	3,5	-148,2
16	1,5	107,6	37	3,6	-151,9
17	1,6	99,0	38	3,7	-155,3
18	1,7	89,9	39	3,8	-158,4
19	1,8	79,8	40	3,9	-161,2
20	1,9	69,7	41	4,0	-163,7
21	2,0	60,5			

Fonte: Os autores, 2020.

5.1.4.3. Método do Gran para determinação da constante de acidez

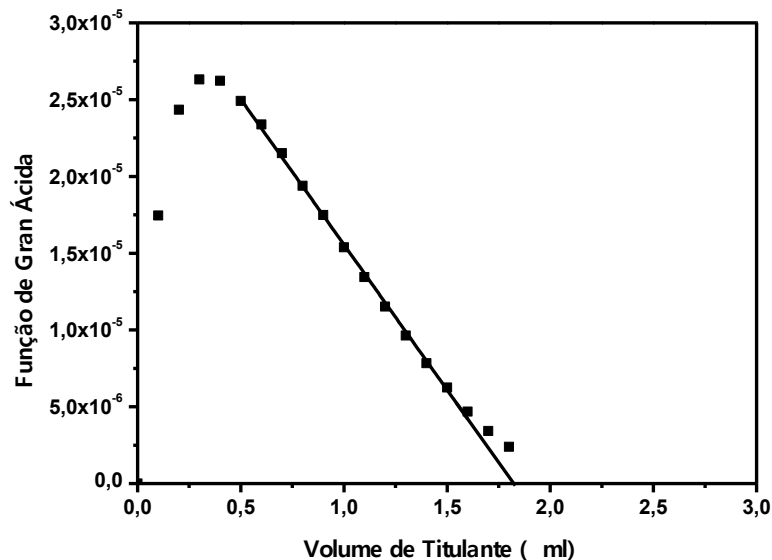
A constante de acidez do ácido acético foi determinada usando a função de Gran (GRAN, 1950 e 1952) que descreve a titulação de um ácido fraco com uma base forte para antes do ponto de equivalência (Figura 36). Esta função de Gran é dada pela equação 7.

$$FG_1 = V_B 10^{-pH} = K_a V_e - K_a V_B \quad (7)$$

Onde V_B é o volume de base adicionado e K_a é a constante de acidez.

Um gráfico de $V_B 10^{-pH}$ vs V_B tem a constante de acidez K_a do ácido fraco como inclinação (Figura 36) (Gran, 1950 e 1952). O valor encontrado para a inclinação do gráfico da Figura 36 foi igual a $(1,85 \pm 0,03) \times 10^{-5}$. Este tem o valor de K_a corresponde a um valor de pK_a igual a $(4,73 \pm 0,01)$ a 25°C , o que é consistente com o descrito na literatura $(4,756 \text{ a } 25^\circ\text{C})$ (HAYNES *et. al*, 2017).

Figura 36 - Gráfico para cálculo do pK_a do ácido acético a 25°C .



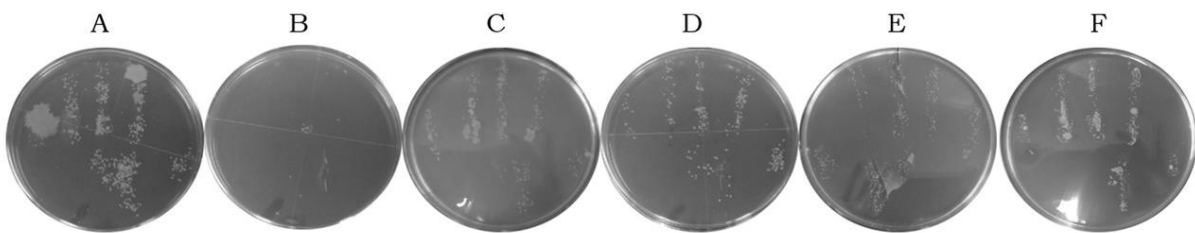
Fonte: Os autores, 2020.

5.2. Teste com microrganismos

5.2.1. Estudos qualitativos do efeito do pH sobre o crescimento bacteriano

Compreender os experimentos de laboratório nem sempre é óbvio para os alunos, especialmente quando eles não têm conhecimento formal. Assim, realizamos um experimento qualitativo simples baseado na lavagem das mãos com produtos comerciais que apresentam pH entre 2 e 12. Os resultados desses testes são apresentados na Figura 37.

Figura 37 - Efeito da lavagem das mãos com soluções de diferentes pHs. **A.** Mãos não lavadas (sujas); **B.** Vinagre (pH 2,5); **C.** Água deionizada, 18 M + (pH 6); **D.** Solução detergente (pH 8); **E.** Leite de magnésia (pH 10); **F.** Solução de soda cáustica (pH 12). Tempo de crescimento=12 horas.



Fonte: Os autores, 2018.

Podemos observar que praticamente não houve crescimento de bactérias quando as mãos foram lavadas com vinagre (Fig 37B). O vinagre é uma solução de ácido acético 5% (m/m) e pH 2,5. Quando as mãos foram lavadas com pH básico ou alcalino (Fig. 37E e 37F) o crescimento foi maior do que com vinagre, entretanto, menor do que o controle das mãos sem lavar. Este experimento permite que os alunos alcancem um conceito não formal de pH, além de associar a importância do pH a fatos simples do seu dia a dia. Por exemplo, é importante lavar alface, rúcula, espinafre ou outras verduras com vinagre, pois esse procedimento inibe muitos microrganismos nesses alimentos.

Portanto, para ensinar o conceito de pH baseado em estudos microbiológicos de uma maneira formal são necessárias condições experimentais mais controladas. Assim, utilizamos o protocolo baseado em testes de sensibilidade de difusão em disco antimicrobiano para obter um resultado quantitativo.

5.2.2. Resultados da semeadura Spread Plate com uso de disco de difusão

Os resultados da incubação das placas para *E. coli* e *S. aureus* podem ser observados nas Figuras 38 e 39, respectivamente. Na Tabela 11, estão disponíveis as medidas dos halos inibitórios para as bactérias gram-positivas e gram-negativas estudadas.

Tabela 11 - Medidas de halos de inibição em testes de suscetibilidade em disco de difusão

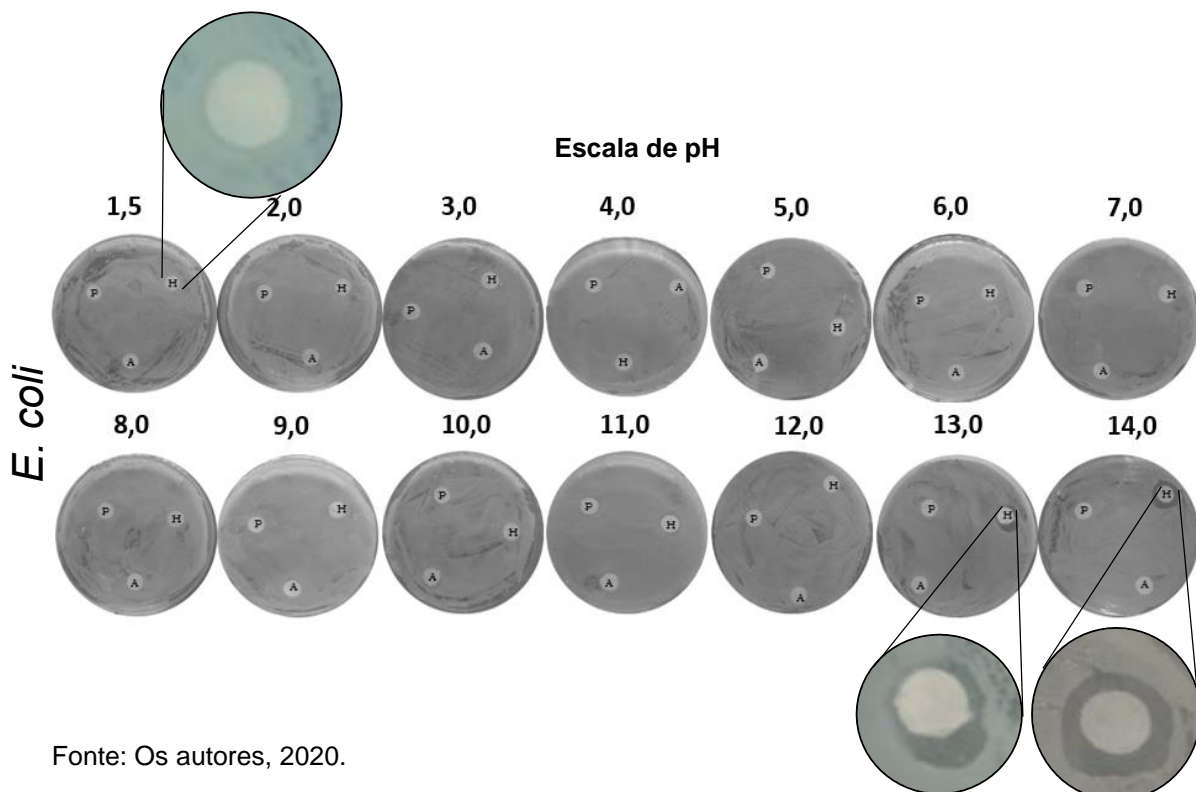
Bactérias	pH														Pen. G*
	Halo inibitório, mm														
	1,5	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<i>E. coli</i>	10,1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	10,9	12,0	S
<i>S. aureus</i>	8,1	8,0	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	7,8	12,0	22,6

S = Sem Halo Inibitório. *Média de 14 determinações.

Fonte: Autora, 2019.

Analisando a Tabela 11, nota-se que as *E. coli* apresentaram resistência ao antibiótico, penicilina G, mas apresentaram halos inibitórios nos pHs 1,5 e na escala alcalina, em pHs 13,0 e 14,0, conforme a Figura 39. Para os pHs 2,0 até 12,0 não se observou a presença de halos, indicando que houve crescimento bacteriano.

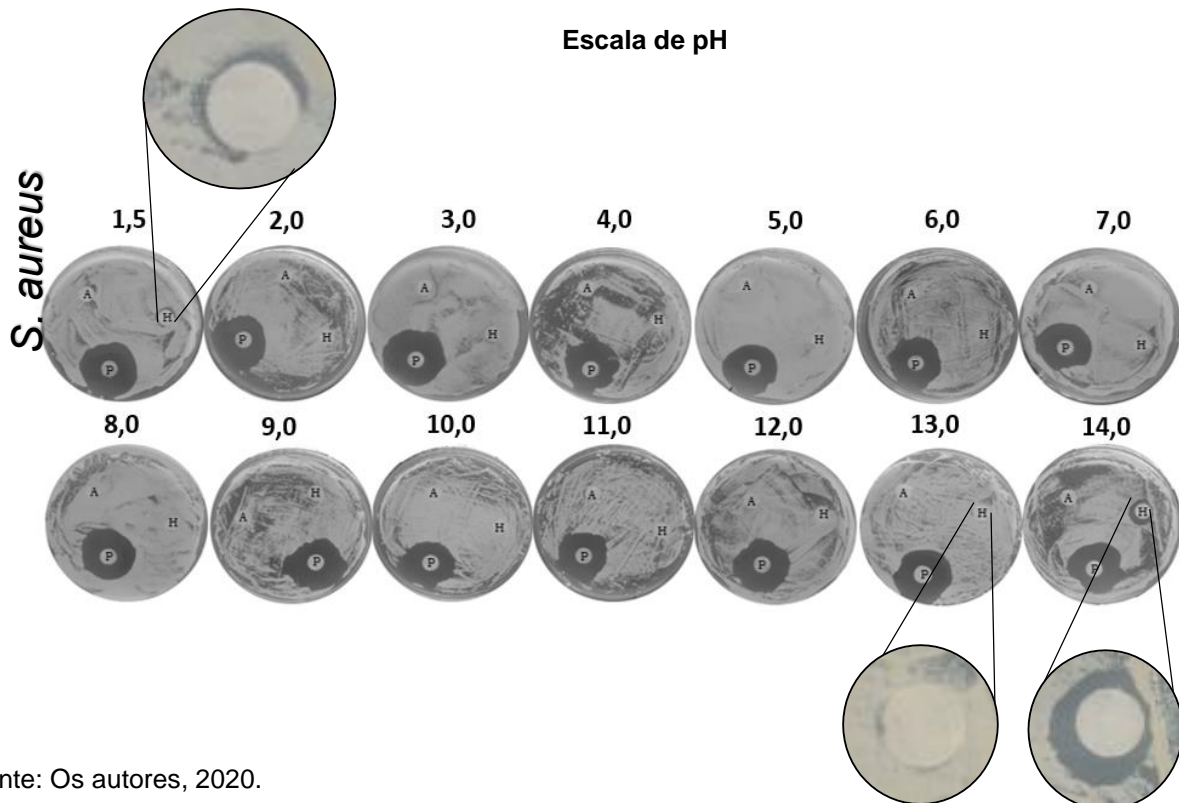
Figura 38 - Efeito do pH em *Escherichia coli* (gram-negativa). Tempo de crescimento microbiano: 12 horas. Símbolos nos discos: **A**, Água destilada; **H**, Tampão de pH; **P**, Penicilina G.



Fonte: Os autores, 2020.

A figura 39, mostra os resultados para *S. aureus*. O comportamento foi similar a *E. coli*, houve inibição desse microrganismo em pHs 1,5; 13,0 e 14,0. O controle usando a Penicilina G foi significativo na inibição do *S. aureus* como era esperado.

Figura 39 - Efeito do pH em *Staphylococcus aureus* (gram-positivo). Tempo de crescimento microbiano: 12 horas. Símbolos nos discos: **A**, Água destilada; **H**, Tampão de pH; **P**, Penicilina G.

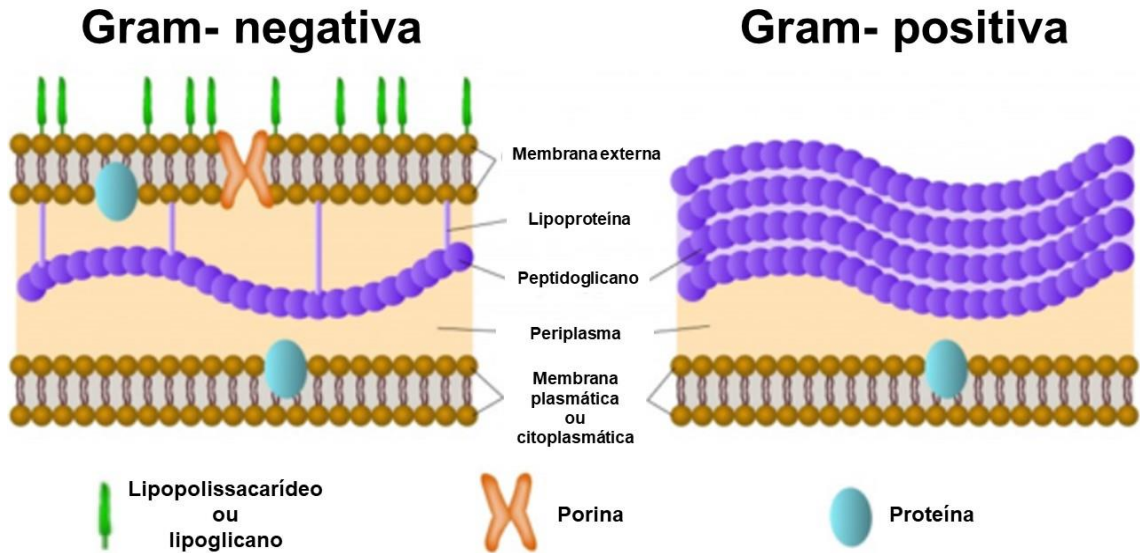


Fonte: Os autores, 2020.

Uma explicação para o processo de inibição, devido ao meio ácido e alcalino na *E. coli*, é o rompimento da camada externa através da quebra das ligações covalentes dos lipopolissacarídeos e a desnaturação das proteínas porinas formando poros, que permitem a passagem dos plasmídeos do interior da célula para o exterior. Na *S. aureus* a inibição é mais intensa, pois como esses microrganismos não possuem camada externa, a única barreira que protege a membrana plasmática é constituída de peptidoglicano, um polissacarídeo formado por dois tipos de açúcares (o ácido N-acetilmurâmico e a N-acetilglucosamina) e alguns aminoácidos, que em contato com um meio que apresenta valores extremos de pH sofrem hidrólise e desnaturação. Ressalta-se que, outros agentes também destroem ou inibem o peptidoglicano das

bactérias, sendo eles, respectivamente a proteína lisozima e os antibióticos. Porém, nas últimas décadas, algumas bactérias têm apresentando maior resistência a determinados antibióticos (BUTLER-LAPORTE; LEE; CHENG, 2018).

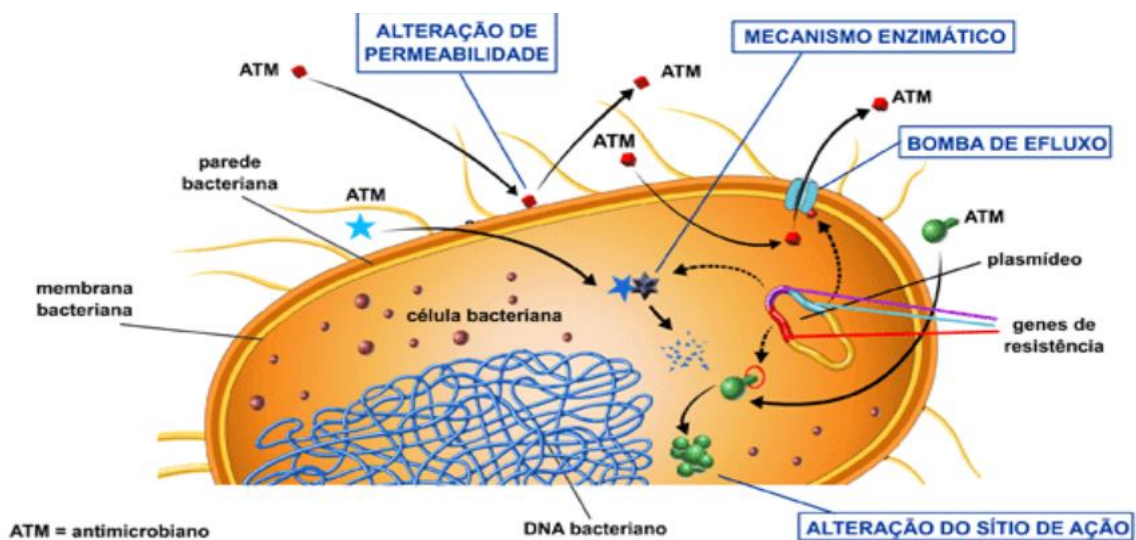
Figura 40 - Comparativo da parede celular das bactérias Gram-negativas e Gram-positivas.



Fonte: Sanar Saúde, Adaptado.

Ainda sobre a resistência aos antibióticos, esse evento pode ocorrer nas gram-negativas β - lactâmicos por 4 mecanismos principais, os quais são mostrados na Figura 41.

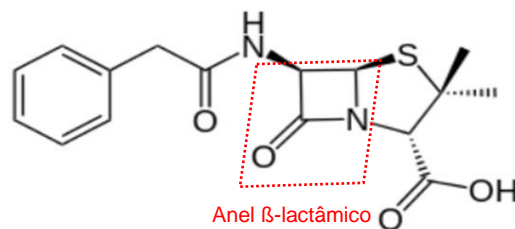
Figura 41 - Mecanismos de resistência aos antibióticos.



Fonte: Autora, 2021.

O uso dos β -lactâmicos não é completamente efetivo devido as gram-negativas apresentarem β -lactamases como mecanismos de defesa. Estas enzimas cromossômicas desempenham a função de hidrolisar o anel β -lactâmico deixando este sem atividade. Pelo fato das penicilinas apresentarem esse anel em sua estrutura (Figura 42) as *E.coli* são capazes de desativar a ligação CO-N (ZEBA, 2004).

Figura 42 - Benzilpenicilina ou Penicilina G.

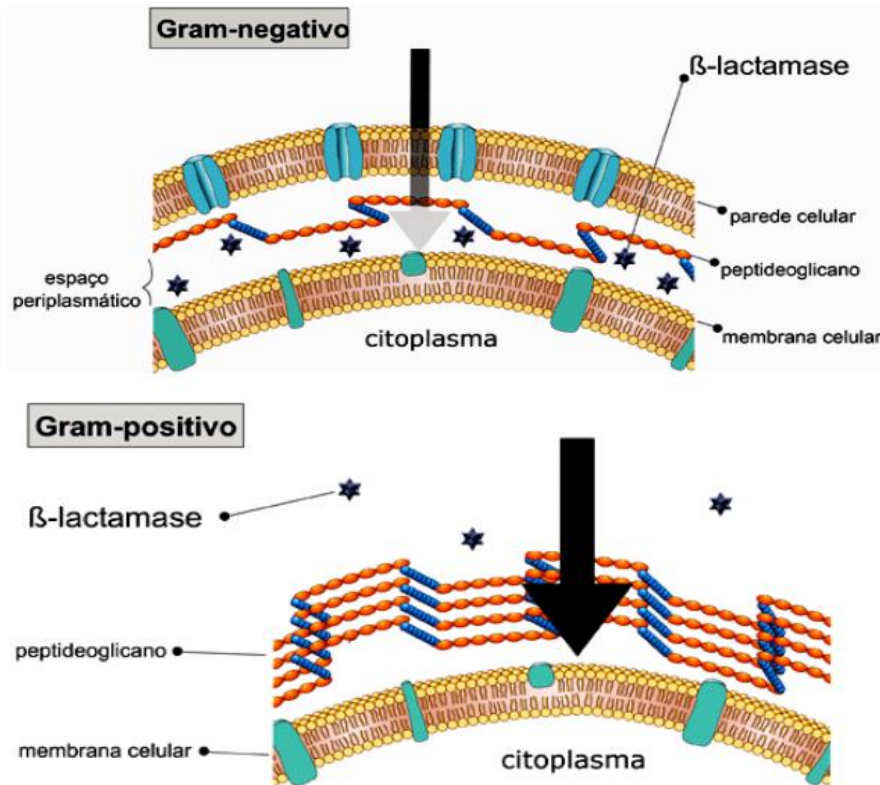


Nome IUPAC: Ácido 4-tia-1-azabicyclo (3.2.0) heptano-2-carboxílico, 3,3-dimetil-7-oxo-6 - ((fenilacetil) amino) - (2S- (2 α , 5 α , 6 β))

Fonte: Wikipédia. Adaptado.

Nas bactérias Gram-positivas, as β -lactamases são secretadas para o meio extracelular e por essa razão são menos ativas do que as beta-lactamases produzidas pelas bactérias Gram-negativas, pois a parede bacteriana dificulta o acesso do β -lactâmico ao seu sítio de ação (Figura 43).

Figura 43 - Ação do anel β -lactâmico sobre a bactéria gram-negativa e gram-positiva.



Fonte: Anvisa.

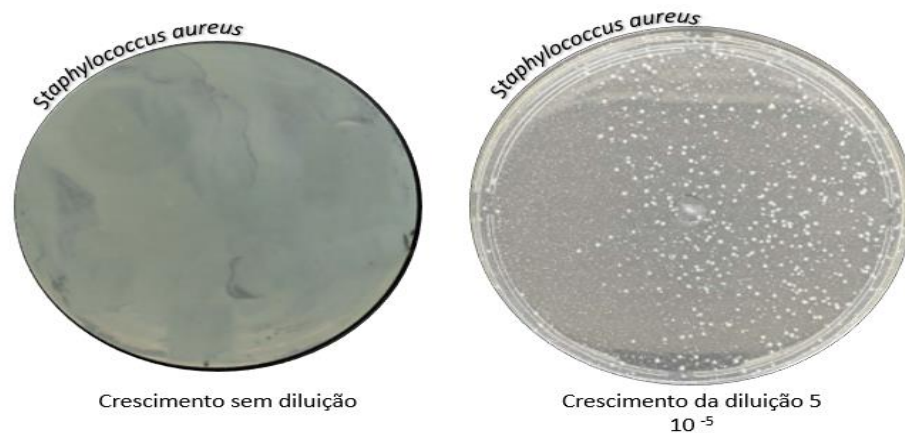
5.2.3. Escala microbiológica de pH para *E. coli* e *S. aureus*.

No teste com discos de difusão, somente é evidente a inibição de *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* em pH 14,0 (Figuras 38N e 39N). Assim, o efeito do pH no crescimento dos microrganismos em meio de cultura com base em testes de sensibilidade de disco antimicrobiano não seria claro para alunos do ensino básico. Por isso, desenvolvemos uma abordagem experimental com um método de inoculação alternativo, que permitisse estabelecer uma escala microbiológica de pH.

Um método alternativo baseado em inoculação similar ao *Pour Plate* é denominado de Técnica de Inoculação em Tubo de Teste, TIT (DE SOUZA; KITAHARA; FERNANDES, 2014). Esse método permite uma melhor homogeneização e assim, realizar uma contagem de unidades formadoras de colônia com grande

precisão. Como descrito no (item 4.4.3.2) o inóculo sofreu diluições seriadas, pois o objetivo era contar a quantidade de colônias que crescem após ambientada nos pHs, com auxílio do software Image J. Na Figura 44, é possível ver que se não fossem feitas as diluições não seria possível contar as colônias uma vez que não cresceram tão isoladas como na placa com diluição, o mesmo comportamento vale para a cepa de *E.coli*.

Figura 44 - Crescimento do inóculo com e sem a diluição.

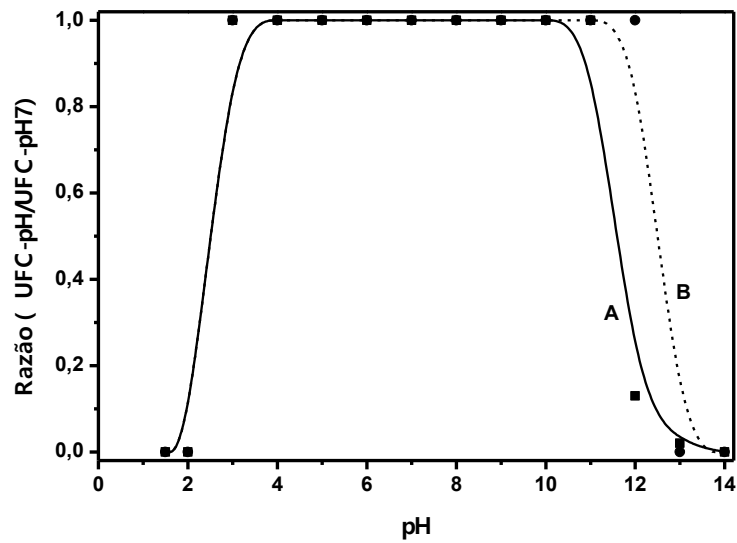


Fonte: Autora, 2020.

Analisando o comportamento do crescimento das unidades formadoras de colônia, após a ambientação nos diferentes pHs, confirma-se com precisão, que os extremos de pH não são favoráveis para o crescimento de *E. coli* e *S. aureus* (Figura 45). Nesta figura, o gráfico estabelece uma escala microbiológica de pH, construída através da razão entre o número de UFC de *S. aureus* ou *E. coli* em cada pH pelo número de UFC encontrado em pH 7 (valor de referência). Para *E. coli*, poucas unidades formadoras de colônia se desenvolveram após a ambientação em pH abaixo de 3,0 e acima de 13,0. No caso *S. aureus*, os resultados foram similares aos da *E. coli*, porém no pH 12,0 também houve uma significativa inibição de crescimento das colônias.

A Figura 46 ilustra os resultados obtidos para a contagem de unidades formadoras de colônias usando a técnica TIT.

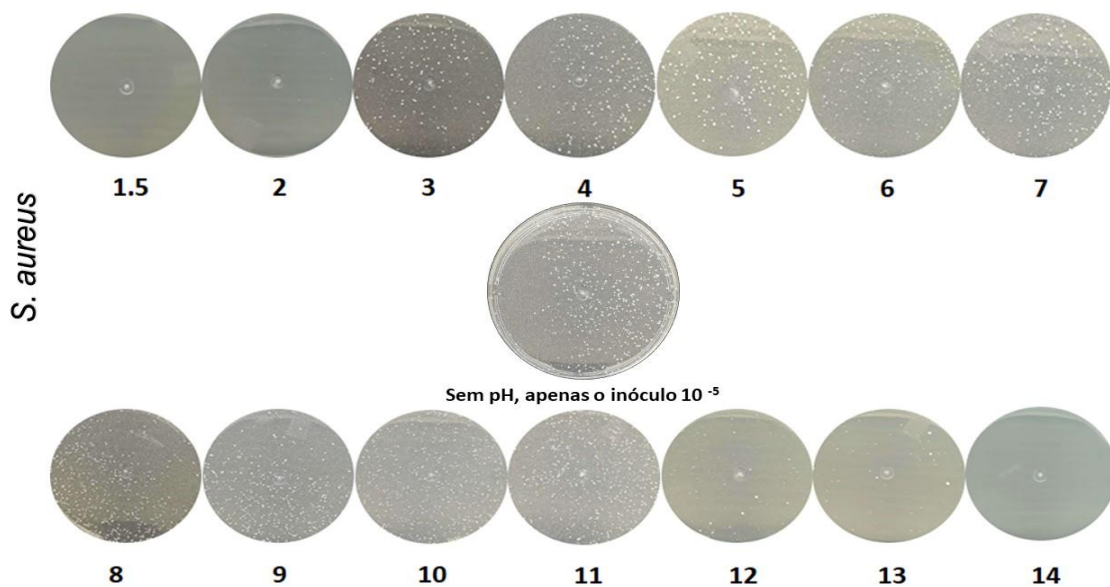
Figura 45 - Efeito do pH no crescimento de microrganismos gram-positivos e gram-negativos. **A.** *Staphylococcus aureus*; **B.** *Escherichia coli*.



Fonte: Os autores, 2020.

É importante lembrar que o inóculo permaneceu apenas 10 min nos diferentes pHs, e este tempo é compatível com a higiene adequada das mãos em hospitais ou para a lavagem de alimentos.

Figura 46 - Efeito do pH nas unidades formadoras de colônias (UFC) de *Staphylococcus aureus*.



Fonte: Os autores, 2020.

Substituindo os valores na equação (4), temos:

$$s_d = \sqrt{\frac{51700 - 34945}{11 - 1}} = 40.9 \quad (11)$$

Substituindo o valor para estimar o desvio padrão para a diferença entre a pontuação do questionário na equação (5), temos:

$$t = \frac{56.4 - 0}{\frac{40.9}{\sqrt{11}}} = 4.57 \quad (12)$$

O resultado desta análise estatística mostrou que o valor t calculado (4,57) a partir dos dados da Tabela 13 (A-B) é maior do que o valor crítico de t (2,23) obtido da tabela t-student (TRIOLA, 2006) para o nível de confiança de 95% e 10 graus de liberdade. Como $t > t_{crítico}$, rejeitamos a hipótese nula e podemos concluir que o ensino do conceito de pH contextualizado com seu efeito no crescimento de microrganismos foi significativo para os alunos.

Porém, analisando os dados absolutos, podemos verificar que a pontuação média dos alunos no questionário foi de apenas 30% do total. Isso mostra que o estudo aqui apresentado pode sofrer uma anomalia devido ao processo de ensino ser realizado em salas de aula de outros professores em um tempo limitado.

Obviamente, se esta proposta for aplicada a alunos com uma formação mais sólida num processo de ensino contínuo, deverá obter-se um melhor resultado no questionário. Assim, acreditamos que contextualizar o conceito de pH com seus efeitos na vida dos microrganismos é uma proposta promissora para ensinar esse conhecimento a alunos do ensino médio.

5.4. Testando a estufa e o meio de cultura “caseiros”

A estufa bacteriológica “caseira” (Figura 47), atinge uma temperatura de 35,3 °C após 20 min de aquecimento a partir de uma temperatura ambiente de 25 °C. Deste ponto em diante, a temperatura da estufa permanece relativamente constante, como

demonstrado na Figura 48. Os materiais empregados para sua construção são facilmente encontrados em qualquer loja comercial.

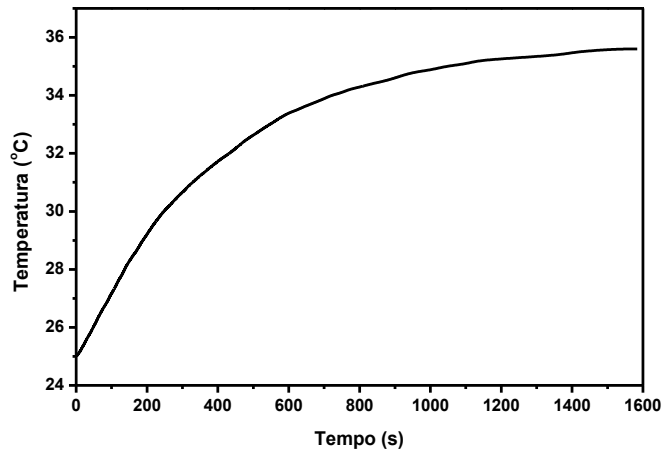
5.4.1. Estufa Bacteriológica caseira

Figura 48 - Estufa Bacteriológica.



Fonte: Os autores, 2019.

Figura 47 - Perfil de aquecimento do forno bacteriológico caseiro.



Fonte: Os autores, 2019.

5.4.2. Sobre o Meio de cultura “caseiro”

Muitas abordagens foram testadas durante o desenvolvimento do meio de cultura “caseiro”. Inicialmente, experimentamos gelatina comercial. Este produto não mostrou-se uma boa opção para uso como meio de cultura genérico, pois foi mais adequado para o cultivo de fungos. Além disso, sofre derretimento quando aquecido a 35-37 °C no forno bacteriológico. Outro agente gelificante é o ágar-ágar, facilmente encontrado em qualquer loja de produtos naturais, sendo um ingrediente chave em meios de cultura comerciais. No entanto, o ágar-ágar obtido em lojas de produtos naturais é geralmente impuro.

Para contornar esse problema, fizemos um processo simples de purificação. Dissolvemos o ágar impuro em 4 vezes mais água do que o necessário para gelificá-lo. Em seguida, filtramos a solução resultante em filtro de café tipo cone e o líquido foi aquecido até atingir o volume onde o ágar é gelificado. Esta etapa é importante porque o ágar impuro utilizado diretamente como meio de cultura apresenta uma coloração esverdeada, que interfere na visualização das unidades formadoras de colônias.

Resolvido o problema do ingrediente gel, tentamos usar apenas ágar como meio de cultura caseiro, mas sem sucesso. O ágar purificado contém polissacarídeos que são dificilmente degradados para alimentação dos microrganismos e, portanto, não observamos o crescimento de bactérias. Este problema foi resolvido adicionando extrato de levedura no meio de cultura caseiro.

O extrato de levedura é rico em aminoácidos, sendo um nutriente comum em meios de cultura como o Plate Count Agar (Merck e Sigma-Aldrich, 2018). Contudo o extrato de levedura comercial não é um produto químico barato. Assim, produzimos um extrato de levedura a partir de fermento biológico seco usando o método de autólise (Jacob et al., 2019). No processo de autólise, usamos uma quantidade de tempero para a carne, de forma que o teor de cloreto de sódio produzisse uma solução salina com concentração igual a $0,086 \text{ mol L}^{-1}$. Nosso meio de cultura caseiro contendo ágar, extrato de fermento e tempero para carne custa menos de R\$6,00.

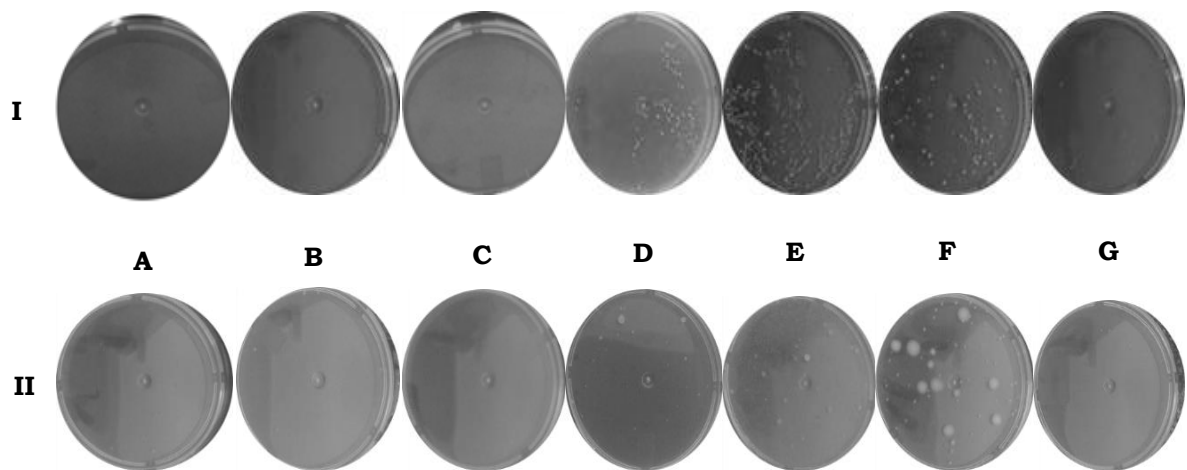
5.4.3. Resultados com o meio de cultura “caseiro”

Existem microrganismos que são resistentes aos extremos de pH, sendo eles denominados de acidófilos e alcalifílicos, como por exemplos, *Cyanidium caldarium*, *Ferroplasma* sp. e *Acidithiobacillus ferrooxidans*, sendo os dois primeiros resistentes a pH 0 e o último vive em ambientes com pH entre 1,5 e 3,0. Por outro lado, *Natronobacterium*, *Bacillus firmus* OF4, *Spirulina* spp. não são afetados por um pH superior a 9 (pH 10,5) (ROTHSCHILD; MANCINELLI, 2001). Em nossos estudos anteriores utilizamos microrganismos mesófilos, *E.coli* e *S.aureus*, mas a aquisição dessas cepas para o ensino em escolas públicas com pouca infraestrutura é inviável, sendo assim, é importante, padronizar a fonte de microrganismos na atividade experimental proposta.

O papel moeda é uma boa opção como fonte de microrganismos, pois garantimos que as mesmas unidades formadoras de colônias estarão presentes em todas as condições do estudo. Assim, o efeito do pH sobre os microrganismos pode ser verificado indiretamente, independentemente da espécie de bactéria. A Figura 49 mostra as imagens dos experimentos microbiológicos usando o meio de

cultura “caseiro”. Podemos observar que os microrganismos foram quase completamente inibidos em pH menor que 2,5 (Figura 49 B e 1C) e maior que 13 (Figura 49 G). O meio de cultura caseiro funcionou de forma semelhante ao meio Mueller-Hinton (Figura 49 II), indicando que é adequado utilizá-lo para realizar a proposta de ensino interdisciplinar de pH, estudando seu efeito sobre a vida dos microrganismos. Com o meio “caseiro” os custos da atividade prática proposta são sensivelmente reduzidos.

Figura 49 - Efeito do pH nos microrganismos do papel-moeda. Meio de cultura: I. Caseiro; II. Mueller-Hinton. Respectivas soluções e pH: **A**. Controle, para verificar a contaminação cruzada do meio ambiente; **B**. Ácido muriático (pH 1); **C**. Vinagre (pH 2,5); **D**. Solução de hidrogeno ftalato de potássio - tampão secundário (pH 5); **E**. Solução de fosfato - tampão secundário (pH 7); **F**. Leite de magnésia (pH 10); **G**. Solução cáustica de soda (pH 13). Tempo e temperatura de incubação: 20 h e 36°C.



Fonte: Os autores, 2019.

6. CONCLUSÃO

No desenvolvimento da atividade interdisciplinar para o ensino do conceito de pH, equipamentos e reagentes “caseiros” foram elaborados com o intuito de viabilizar economicamente a aplicação da proposta em escolas subfinanciadas. Os resultados obtidos com os “produtos caseiros” foram similares aqueles obtidos com equipamentos ou reagentes comerciais. Um simples multímetro digital varia na faixa de R\$20,00 a R\$30,00 e o Op Amp empregado neste projeto custa em torno de R\$8,00. A estufa bacteriológica construída custou menos do que R\$40,00 e o meio de cultura “caseiro”, cerca de R\$6,00. Todos os produtos “caseiros” são cerca de dez vezes mais baratos que seus equivalentes comerciais.

Nossa ideia com a atividade experimental descrita neste trabalho é permitir que os alunos percebam como o pH afeta o crescimento dos microrganismos. O professor pode trabalhar o conteúdo de forma interdisciplinar ou multidisciplinar, explicando ao mesmo tempo aspectos biológicos e químicos aos alunos, principalmente quando este é associado com a higienização eficiente de alimentos, o qual pode evitar sérias adversidades como a intoxicação gastrointestinal, ou a transmissão de doenças por contaminação cruzada. Quebrar as barreiras das disciplinas é fundamental para um ensino mais efetivo e aceitar e executar o novo é um desafio.

A atividade também possibilita aos estudantes atingirem um nível cognitivo operatório não-formal e formal sobre o assunto, pois não se limita à cálculos químicos básicos de logaritmo ou definições equivocadas sobre o significado do pH. Assim, a compreensão da aplicação do conceito de pH permite aos estudantes intervirem no seu dia-a-dia, como por exemplo, o atual cenário mundial de pandemia do Covid-19. Por conta desse ocorrido, diversas notícias circularam nas redes sociais informando o pH de algumas frutas que inibiam o coronavírus. O que chama atenção nessa notícia, são os valores de pH de algumas frutas ácidas, como limão e laranja apresentarem pH 9,0 e outras frutas com pHs superiores a 14. Se o aluno tivesse adquirido um conhecimento básico do assunto, ele julgaria que se tratava de um *Fake News*, tendo em mente que a escala de pH varia de 0 a 14, e faixa ácida é abaixo de 7. Além disso, com uma aula contextualizada, o estudante poderia concluir que temporariamente poderia usar vinagre para limpar embalagens de produtos e até mesmo ajudar na higiene das mãos, pois ele é ácido e inibe o crescimento de alguns

microrganismos. Mas não basta o professor querer que o estudante seja interdisciplinar e faça associações ao cotidiano da sociedade, uma vez que, muitos destes profissionais não põem em prática esse querer! Antes de tudo, os docentes precisam fazer sua parte, pois a interdisciplinaridade não significa que uma única pessoa tem que saber tudo sobre vários assuntos, e sim, conhecer o necessário dos assuntos envolvidos em um tema específico. Entender que para isso funcionar, a escola em geral não precisa caminhar junto, ou seja, não se faz necessário que todos os professores estejam em sintonia uns com outros para trabalhar e mostrar a interdisciplinaridade para o aluno.

O ensino contextualizado é uma tentativa de responder aos alunos a famosa pergunta “Onde que eu vou usar isso em minha vida?”. Saber, entender e compreender os princípios básicos da ciência e tecnologia, amplia as possibilidades para argumentar e solucionar problemas em situações diárias. Mas para isso, precisamos ter a mente aberta para receber as informações e fazer uso delas, uma vez que somos ou deveríamos ser, seres em constantes transformações. Nada é justificativa quando se quer realizar algo, e tudo é justificado quando não pretendesse colocar em prática!

7. REFERÊNCIAS

- ABREU, A. S.; FREITAS, P. A. R. de. Levantamento Histórico da Eletrônica: Principais Inventores e Suas Contribuições. *In: Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica-SEPIT*, 1. 2017, Minas Gerais. **Anais [...]** Minas Gerais: IFTM, 2017.
- ANVISA. **Ação do β -lactâmico sobre a bactéria gram-negativa e gram-positiva.** Disponível em https://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/rede_rm/cursos/rm_controle/opas_web/modulo3/gramn_lacta2.htm Acesso em: 29 de mar. 2021.
- ARACIL, C. *et al.* **Portable Lab-on-PCB platform for autonomous micromixing, Microelectronic Engineering.** v.131, p.13-15, 2015.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional.** Interamericana, 1980.
- BÁNYAI, E. Indicators; Bishop, E., ed.; Pergamon Press: **Oxford**, p. 1-4, 1972.
- BOSSOLAN, N R. S. **Introdução à Microbiologia.** Universidade de São Paulo. Disciplina Biologia IFSC/LCE/ 3, 2002.
- BOYLE, R. **Experiments upon Colors.** v. 2, London, 1663 apud Bishop,E., ed.; Indicadores; Pergamon Press: **Oxford**, p. 2, 1972.
- BRANSON, J. *et al.* A simplistic printed circuit board fabrication process for course projects, **IEEE Transactions on Education.** v. 43, n. 3, p. 257 – 261, 2000.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, LDB. 9394/1996.
- BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio, Ciências Humanas e suas Tecnologias**, Brasília, 2000.
- BROCK, **Biology of microorganisms.** 8^o ed. Prentice Hall, New Jersey, USA. 1997.
- BROOKS, G.F.; BUTEL. J.S.; MORSE, A.S. **Microbiologia médica.** 2ed. Rio de Janeiro, Guanabara koogan, 1998.
- BURTON, R. F. Defining and Teaching pH. **J. Chem. Educ.** , v. 84, n. 7, p. 1129, 2007.
- BUTLER-LAPORTE, G.; LEE, T.C.; CHENG, M.P. Increasing rates of penicillin sensitivity in *Staphylococcus aureus*. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v.7, n. 62, 2018.
- BUTLER, S. **The Surprisingly Ancient History of Ketchup. Updated:** Atualizada: 7 Ago. de 2019 Original: 20 de Jul. de 2012. Disponível em: <https://www.history.com/news/ketchup-surprising-ancient-history>. Acesso em: jan. 2020.

CARVALHO, M.D.B. *et al.* Expectativas dos alunos de enfermagem frente ao primeiro estágio em hospital. **Revista Escola de Enfermagem da USP**, v. 33, n. 2, p. 200-206, 1999 junho; ISSN 1980-220X.

CAVALCANTE, E. d. S. *et al.* **O uso de software educativo no ensino aprendizagem da disciplina de língua portuguesa.** Formação de professores: contextos, sentidos e práticas, p.10836 – 10850, 2017.

CHO, I.; BLASER, M. J. The human microbiome: at the interface between health and disease. **Nature Reviews Genetics**, v. 13, n. 4, p. 260-270, 2012.

Clinical and Laboratory Standards Institute. **Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests**; Approved Standard—Ninth Edition M2-A9, 2006.

CONSORTIUM HMP. A framework for research on the human microbiome. **Nature.**, v. 486, n. 7402, p. 215-221, 2012.

COSTA, S. C.; FERNANDES, J. C. B. Listening the pH. **Journal of Chemical Education** 96: p. 372–376, 2019.

CUCHINSKI, A. S.; CAETANO, J.; DRAGUNSKI, D.C. Extração do corante da beterraba (*beta vulgaris*) para utilização como indicador ácido-base. **Eclet. Quím**, v.35 n. 4, p. 18-25, São Paulo, 2010.

DE AQUINO, A.K.S.; *et al.* Utilização do extrato de repolho roxo como indicador natural no estudo de substâncias ácidas e básicas presentes no nosso cotidiano. *In*: Congresso Nacional de Educação, 3. Natal. **Anais** [...] Natal-RN, 2016.

DE SOUZA, C. M., KITAHARA, S. E.; FERNANDES, J. C. B. **IMPROVED METHOD FOR INOCULATION OF MICROORGANISMS.** Journal of Advanced Scientific Research, v. 5, n. 4, p. 31-33, 2014.

ESLAVA, E. *et al.* **Escherichia coli.** *In*: MILIOTIS, M. D; BIER, J. W. International Handbook of Foodborne Pathogens. 1. ed, New York: Marcel Dekker, p. 123- 135, 2003.

FARIAS, F. D. **Uso de softwares educativos para o ensino de matemática:** contribuições de um processo de formação de professores dos anos iniciais do ensino fundamental, 2015. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2015.

FAUST, K. *et al.* Microbial co-occurrence relationships in the human microbiome. **PLoS Computat Biol.**, v. 8, n. 7, 2012.

FAZENDA, I. C. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro:** efetividade ou ideologia. Loyola, São Paulo ,1979.

FERNANDES, R.; AMADOR, P.; PRUDÊNCIO, C. β -Lactams: chemical structure, mode of action and mechanisms of resistance. **Reviews in Medical Microbiology**, v, 24, p. 7-17, 2013.

FERNANDES, M. B; HARTMANN, A. M.; DORNELES, P. F. T. A física no ensino médio integrado: uma sequência didática sobre eletricidade com aplicação do arduino. **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, v. 1, n. 2, 2014.

FONDRIEST ENVIRONMENTAL, “**pH of Water.**” Fundamentos de Medições Ambientais, 2013. Disponível em: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/ph/>. Acesso em :jan. 2020.

FRANCISCO Jr. *et al.* Experimentação Problematizadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências. **Química Nova na Escola**, n. 30, p. 34-41, 2008.

GADOTTI, M. **Pedagogia da Práxis e Educação Ambiental**: Desvendando Princípios da Perspectiva Crítica da Educação Ambiental. MMA, Programa Nacional de Educação Ambiental. ed. Cortez Editora, São Paulo, 2004.

GELATTI, L.C.; *et al.* Staphylococcus aureus resistentes à meticilina: disseminação emergente na comunidade. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v.84, n. 5, p. 501-6, 2009.

GIMENEZ, A. J., YÁÑEZ-LIMÓN, J. M.; SEMINARIO, J. M. ZnO–Paper Based Photoconductive UV Sensor. **The Journal of Physical Chemistry**, v. 115, n. 1, p. 282-287, 2011.

GLADCHEFF A. P.; ZUFFI, E.M.; SILVA, M. da. Um Instrumento para Avaliação da Qualidade de Softwares Educacionais de Matemática para o Ensino Fundamental. *In*: Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. 21, Palmas. **Anais [...]** Fortaleza, 2001.

GONÇALVES, F. P. *et al.* **Como é ser professor de química**: histórias que nos revelam. IV Encontro Ibero-Americano de Coletivos Escolares e Redes de Professores que fazem Investigação na sua Escola, 2005.

GONÇALVES, F.P; GALIAZZI, M.C. **A natureza das atividades experimentais no ensino de Ciências**: um programa de pesquisa educativa nos cursos de Licenciatura. Educação em ciências: produção de currículos e formação de professores. Ijuí: UNIJUÍ, p. 237-252, 2004.

GORCHEV, H.G.; OZOLINS, G. **Diretrizes para a qualidade da água potável. Crônica da OMS.** v. 38, n. 3, p. 104–108, 2011.

GRAN, G. Determination of equivalent point in potentiometric titration. **Acta Chemica Scandinavica**, v, 4 p, 559-577, 1950.

GRAN, G. Determination of equivalence point in potentiometric titration. *In: International Congress on Analytical Chemistry*, 2. ***Analyst*** v.77, n. 920, p, 661-671, 1952.

HAMMILL, D. D. On the definition of learning disabilities: an emerging consensus. ***Journal of Learning Disabilities***. n.23, p.74-84, 2000.

HAN, Y. L. *et al.* Liquid on paper: Rapid prototyping of soft functional components for paper electronics. ***Electronics, Scientific reports*** v. 5, n. 1, p. 1-11, 2015.

HARRIS, D. L. ; HARRIS, D. C. A Low-Cost pH Meter for the Classroom. ***Journal of Chemical Education.***, v. 69, n.7, p. 563, 1992.

HAWKES, S. J. Teaching the Truth about pH. ***J. Chem. Educ.*** v. 71, n.9, p. 747-749, 1994.

HODSON, D. **Rumo a uma abordagem mais crítica do trabalho de laboratório.** *Ensino de Ciências*, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HOLDEN, J. ***Water Resources - An integrated approach.*** Routledge - Taylor & Francis Group, Londres e Nova York, p. 371. 2014.

Haynes, W. M.; Lide, D. R.; Bruno, T. J. ***CRC Handbook of Chemistry and Physics.*** 97th Edition. CRC Press and Taylor & Francis Group, pp. 5-88 and 5-117, 2017.

JACOB, F. F. *et al.*, F-J. 2019. Yeast extract production using spent yeast from beer manufacture: Influence of industrially applicable disruption methods on selected substance groups with biotechnological relevance. ***European Food Research and Technology*** 245:1169–1182. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03237-9>.

JACOBUCCI, D. F. C.; JACOBUCCI, G. B. Abrindo o Tubo de Ensaio: o que sabemos sobre as pesquisas em Divulgação Científica e Ensino de Microbiologia no Brasil.. ***Journal of Science Communication***, v. 8, p. 1-8, 2009.

JAMES, A. K. ***Standard Reference Materials: Standardization of measurement.*** 1975. Disponível em: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nbsspecialpublication260-53.pdf> Acesso em: 05 de Fev. 2019.

JAY, J., M. ***Microbiologia alimentar moderna.*** 6. ed, Maryland: Aspen Publishers, p. 635, 2000.

JAPIASSU, H. O sonho transdisciplinar e as razões da filosofia. Rio de Janeiro: Imago, 2006.

KANDA, N. *et al.* Preparing “Chameleon Balls” from Natural Plants - Simple Handmade pH Indicator and Teaching Material for Chemical Equilibrium. ***J. Chem. Educ.***, v. 72, n. 12 , p.1131–1132, 1995.

KIM, H. Teaching Human Digestion and pH Using Technology. **Sci. Act.**, v. 44, n. 4, p. 147-152, 2008

KLAUSMEIER, H. J. Concept Learning and Concept Teaching. **Educ. Psychol.**, v. 27, n. 3, p. 267-286, 1992.

KLEIMAN, A. B.; MORAES; S. E. **Leitura e interdisciplinaridade: tecendo redes nos projetos da escola**. Campinas: Mercado das Letras, 1999.

KREMER, K. de A. **Dificuldades na aprendizagem de matemática**. Rio de Janeiro, 2010.

KRUIF, P. **Leeuwenhoek, on microbial hunters**. Biblioteca Científica Salvat, Barcelona, 1986.

KUGLER, M. **Projeto de placas de circuito impresso**. 2004. Disponível em: http://www.mauriciokugler.com/publications/pcb_mauricio_kugler.pdf Acesso em: 20 de mar. 2021.

LÁZARO, M.V.; SUMAR, R. R. **Prototipadora LPKF S63**. Disponível em: https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/1578/FUVfotoexpositora_%20silva_duarte_2017.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 26 de mar. 2021.

LAZAROWITZ, R.; WITENOFF, S. Ensinando o conceito de pH a alunos operacionais não formais no laboratório de biologia do nono ano. **Res. Educ.**, v. 44, n. 1, p. 21-38, 1990.

LERNER, K. L.; LERNER, B.W. **World of microbiology and immunology**. 1. ed, Michigan: Gale, 2003, 357p.

LEVINE, A. S.; FELLERS, C. R. Inhibiting Effect of Acetic Acid upon Microorganisms in the presence of Sodium Chloride and Sucrose. **Journal of Bacteriology**, v. 40, n. 2, p. 255-269, 1940.

LIBÂNEO, J. C. **Os objetivos e conteúdo do ensino**. Didática. 1. ed. Cortez Editora, São Paulo, 1994.

LIU, J. *et al.* **Futuras placas de circuito impresso baseadas em papel para eletrônica verde: fabricação e avaliação do ciclo de vida**. Energia e Ciência Ambiental, v. 7, n. 11, pág. 3674-3682, 2014.

LOBATO, A., C., **A abordagem do efeito estufa nos livros de química: uma análise crítica**. Belo Horizonte, 2007.

LOPES, A. C. **Os parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio e a submissão a o mundo produtivo: o caso do conceito de contextualização**. Educ. Soc., Campinas, vol. 23, n. 80, p. 386-400, 2002.

LOPES, S. G. B. C. **Bio**. 8ed. São Paulo: Saraiva, 1998.

LUCK, H. Pedagogia da interdisciplinaridade. Fundamentos teórico-metodológicos. **Revista Educação em Questão**, v. 58, n. 55, p. 1-4, 18 ed. Petrópolis: Vozes, 2013.

MACHADO, N J. **Educação: projetos e valores. Ensaio Transversais**). 3. ed. Escrituras, p 158, São Paulo, 2003.

MADIGAN, M. T. *et al.* **Microbiologia de Brock**. Traduzido de *Brock biology of microorganisms*. 12. ed. Artmed, Porto Alegre, 2010.

MADIGAN, M.T. *et al.* **Microbiologia de Brock**. Tradução: Alice Freitas Versiani 14.ed. Artmed, Porto Alegre, 2016.

MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M., PARKER, J. **Microbiologia de Brock**. 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, p. 608, 2004.

MARTINS, R. S. de. **Fabricação de PCB Através de Transferência Térmica**. Disponível em: <<http://www.robsonmartins.com/eletr/transfterm/>>. Acesso em: 18 de mar. 2021.

MEHL, Ewalo Luiz de Mattos. **Conceitos Fundamentais Sobre Placas De Circuito Impresso**. Departamento de Engenharia Elétrica Universidade Federal do Paraná. 2011.

Merck and Sigma-Aldrich. 2018. **Datasheet**: 88588 Plate-Count-Agar according to Buchbinder et al. (Casein-peptone Dextrose Yeast Agar, Standard Methods Agar, Tryptone Glucose Yeast Extract Agar). Retrieved from <https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/docs/Sigma-Aldrich/Datasheet/1/88588dat.pdf>. Acesso em 26 de mar. 2021.

MUNDIM, G. J. *et al.* Avaliação da presença de *Staphylococcus aureus* nos leitos do Centro de Terapia Intensiva do Hospital Escola da Faculdade de Medicina do Triângulo Mineiro, em relação à posição no colchão antes e após a limpeza. **Revista Soc. Bras. Med. Trop.**, v. 36, n. 6, p. 685-8. 2003.

MURRAY, P. R. **Microbiologia medica**, São Paulo: Guanabara Koogan, 2000.

NATIONAL SEMICONDUCTOR. **LMC6041 CMOS Single Micropower Operational Amplifier**, 2000. Disponível em: <http://www.promelec.ru/pdf/LMC6041.pdf>>, acesso em 13 de jul. 2017.

NØRBY, J. The origin and meaning of the small p in pH. **Trends Biochem. Sci.** v. 25, n.1, p. 36-37, 2000.

NUNES, A. S.; ADORNI, D.S. **O ensino de química nas escolas da rede pública de ensino fundamental e médio do município de Itapetinga -BA: O olhar dos alunos. Encontro Dialógico Transdisciplinar -Enditrans, Vitória da Conquista, BA, 2010.**

OU, J, *et al.* A low cost PCB manufacturing process. **Electronic Components and Technology Conference (ECTC)**, 2014 IEEE 64th, p. 2159-2162, 2014.

PELCZAR, M. J.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. **Microbiologia: conceitos e aplicações**. 2.ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1997. 524p.

PEREIRA, F.G. **As melhores ferramentas gratuitas e online para simular e projetar circuitos eletrônicos e PCBs/PCIs.** 2018. Disponível em: <https://felipegp13.webnode.com//as-melhores-ferramentas-gratuitas-e-online-para-simular-e-projetar-circuitos-eletronicos-e-pcb-pcis/> Acesso em: 29 de mar. 2021.

POMBO, O. **Interdisciplinaridade: conceito, problema e perspectiva.** In: A interdisciplinaridade: reflexão e experiência. p. 8-14, Lisboa, 1993. Disponível em: <https://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~ommartins/mathesis/interdisciplinaridade.pdf>. Acesso em: 15 de mar. 2021.

PORTO, C. C.; BRANCO, R. F. G. R.; OLIVEIRA, A. M. **Relação médico paciente.** Porto CC. Semiologia médica. 5ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, p. 23-40, 2005

PRADO, I. C.; TEODORO, G. R.; KHOURI, S. Metodologia de ensino de microbiologia para ensino fundamental e médio. *In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica*, 8. Campos –SP. **Anais [...]** Universidade do Vale do Paraíba. São José dos Campos –SP: UNIVAP. 2004.

QUEIROZ, S. L. Do Fazer ao Compreender Ciências: reflexão sobre o aprendizado de alunos de iniciação científica em química. **Ciência & Educação.** Bauru, v.10, n.1, 2014.

RIVAROSSA DE POLOP, A. **A área das ciências naturais: concepções epistemológicas e diálogo pedagógico.** Quarta Conferência Nacional de Ensino de Biologia - Memórias. Córdoba: Associação de Professores de Ciências Biológicas da Argentina, p.46-59,1999.

ROCHA, J. S.; VASCONCELOS, T.C. Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões. *In: Encontro Nacional de Ensino de Química – ENEQ*,18, Florianópolis, 2016 **Anais [...]** Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

RODRIGUES, E. C. de; LIMA, S. B. de; SILVA, T. I. da. **Circuitos de controle de uma Fresa para confecção de Placas de circuito Impresso.** Departamento de Eletroeletrônica, CEFET - Mato grosso, Cuiabá, 2008.

ROSSO, V. C.; TAVARES, R. D. N.; POHLMANN, A. R. Alternativa para facilitar a transferência do desenho em placas de circuito impresso. *In: Seminário de Extensão Universitária da Região Sul*, 33. **Anais [...]** Universidade Federal do Pampa, Rio Grande do Sul, 2013.

ROTHSCHILD, L. J.; MANCINELLI, R. L. Life in extreme environments. **Nature.** v. 409, n. 22, p. 1092-1101, 2001.

SANAR SAÚDE. **Penicilinas:** Tudo que você precisa saber. Disponível em: Disponível em: <https://www.sanarsaude.com/portal/carreiras/artigos-noticias/penicilinas-artigo-farmacia-tudo-que-voce-precisa-saber>. Acesso em: 30 de mar.2021.

SANTOS, A. *et al.* Staphylococcus aureus: visitando uma cepa de importância hospitalar. **Bras. Patol. Med. Lab**, v. 43, p. 413-423, 2007.

SANTOS, B. de S.; ALMEIDA F^o, N. A universidade no século XXI: para uma universidade nova. Coimbra: Almedina, 2008.

SILVA, L.H. de A.; ZANON, L. B. **A experimentação no ensino de ciências**. Schnetzler, RP; ARAGÃO, RMR Ensino de Ciências: Fundamentos e Abordagens. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, p. 120-153, 2000.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. Experimentação no ensino médio de química: a necessária busca da consciência ético-ambiental no uso e descarte de produtos químicos – um estudo de caso. **Ciência & Educação**, v. 14, n 2, 2008.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, J. F.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**. 8ed. Cengage Learning, São Paulo-SP, p. 578, 2006.

SØRENSEN, S. P. L. Études enzymatiques. II. Sur la mesure et l'importance de la concentration des ions hydrogène dans les réactions enzymatiques. **Compt. rend. du Lab. de Carlsberg**, v. 8, n. 1, p. 68, 1909.

Texas Instrument. 2013. **Datasheet: LF147/LF347 Wide Bandwidth Quad JFET Input Operational Amplifiers. SNOSBH1D.** Retrieved from <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lf347-n.pdf?ts=1591201704622>. Accessed March 25, 2021).

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. Traduzido de Microbiology: Anintroduction. 8^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

TRABULSI, L. R. e ALTERTHUM, F. **Microbiologia**. 4^a ed. São Paulo: Atheneu, 2005
Triola, M. F. 2006. *Elementary Statistics*, 10th Edition. Pearson Addison Wesley, Boston, pp. 485–487.

TURNBAUGH, P. J. *et al.* The human microbiome project. **Nature**, v. 449, n. 7164, p. 804-810, 2007.

VEIT, Hugo Marcelo. **Reciclagem de cobre de sucatas de placas de circuito impresso**. 2005

VIEIRA, E.; MEIRELLES, R. M.S.; RODRIGUES, D. C.G. A. O uso de tecnologias no ensino de química: a experiência do laboratório virtual química fácil. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. 8, Campinas. **Anais [...]** São Paulo, 2011.

XAVIER, Marcelo Moreira. **Válvula Eletrônica para Medida de e/m**. 2005. 25 f. Relatório de Disciplina (Instrumentação para Ensino) - Unicamp, São Paulo, Brasil, 2005. Disponível em: https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2005/MarceloM_Nagai_F809_RF1.pdf. Acesso em: 17 de mar. 2021.

WEBER, T. K.; POLANCO, I. Microbiota gastrointestinal e algumas doenças infantis: **Revista Gastrol Res Pract.**, 2012.

WIKIPEDIA **.Benzilpenicilina.** Disponível em:
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Benzilpenicilina>. Acesso em :30 de mar de 2021.

ZEBA, B. Overview of β -lactamase incidence on bacterial drug resistance. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, 4, 2004.

ZHENG, Y., *et al.*, Direct printed circuits on flexible electronic paper. **Scientific reports**. v. 3, n. 1, p. 1-7, 2013.