



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
FÍSICA-LICENCIATURA

ALANA AZEVEDO PEDROSA

A Tábua de Galton como ferramenta para ensino de fenômenos probabilísticos

Caruaru

2020

ALANA AZEVEDO PEDROSA

A Tábua de Galton como ferramenta para ensino de fenômenos probabilísticos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física-Licenciatura do Núcleo de Formação Docente do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciada em Física.

Área de concentração: Ensino de Física, Probabilidade, Fenômenos aleatórios.

Orientador: Prof^o. Dr. Sérgio de Lemos Campello.

Caruaru

2020

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Maria Regina Borba - CRB/4 – 2013

P372t

Pedrosa, Alana Azevedo.

A Tábua de Galton como ferramenta para ensino de fenômenos probabilísticos. / Alana Azevedo Pedrosa. – 2020.
39 f.; il.: 30 cm.

Orientador: Sérgio de Lemos Campello.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, **Física – Licenciatura**, 2020.
Inclui Referências.

1. Atividades criativas na sala de aula. 2. Física (Ensino médio). 3. Estatística. 4. Ensino superior. 5. Ferramentas – Probabilidades. I. Campello, Sérgio de Lemos (Orientador). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2020-156)

ALANA AZEVEDO PEDROSA

A Tábua de Galton como ferramenta para ensino de fenômenos probabilísticos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Licenciatura em Física da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciada em Física.

Aprovada em: 23 / 12 / 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sérgio de Lemos Campello (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco/NICEN

Prof. Dr. Paulo Henrique Ribeiro Peixoto
Universidade Federal de Pernambuco/NFD

Prof. Dr. Luís Henrique Vilela Leão
Universidade Federal de Pernambuco/NICEN

Dedico esse trabalho a meu Tio Luciano Cordeiro (in memoriam), que sempre torceu por mim e foi embora tão cedo.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela bolsa concedida durante a participação no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência

Agradeço a Deus por ter me concedido saúde e força para superar as dificuldades. Gratidão a toda minha família em especial aos meus pais, Lourinaldo e Abgail, que de perto acompanharam todos os meus desafios e dificuldades para que eu pudesse concluir a minha graduação e ao meu avô Abdoral, por ser exemplo de força para todos os seus netos. Obrigada à minha irmã Amanda pela torcida e apoio e à minha sobrinha Mariana pelos momentos em que ela foi o meu refúgio. Agradeço ao meu namorado Allamys, por todo o apoio, companheirismo e auxílio durante todo o nosso curso, afinal foi a Física que nos uniu.

Ao meu Orientador, Prof^o Sérgio, por toda a dedicação durante esses anos de trabalhos e por ter sido o único professor que abriu as portas e me apresentou grandes oportunidades para que hoje estejamos encerrando esse ciclo. Gratidão aos meus professores do curso de Física-Licenciatura do Centro Acadêmico do Agreste-UFPE, vocês caminharam comigo durante anos e me ensinaram muito do que levarei para a vida.

Aos meus amigos de turma, José Carlos de Medeiros, Maria de Fátima, Amanda Rodrigues e Josilene Soares, e em especial à minha amiga Adjanilda Melo, obrigada por todos os momentos, felizes ou tristes, e por termos segurado e encorajado uma à outra para não desistirmos.

Por fim, mas não menos importante, aos meus tios e primos que não se afastaram de mim quando me fiz distante.

A vocês a minha eterna Gratidão.

“Não tenho nenhum talento especial, só tenho paixão em minha curiosidade. [...] Quem nunca cometeu um erro nunca tentou nada de novo”

Einstein.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de ensino de fenômenos aleatórios e probabilísticos fazendo uso da Tábua de Galton, tendo como foco principal a aplicação de experimentos como esse que são de fácil acesso e de baixo custo, para o ensino superior e médio. Através do uso de um protótipo da tábua, ficou evidenciado que alguns dos métodos estatísticos podem ser visualizados e, mediante os dados experimentais obtidos, ficou comprovado que a sua aplicabilidade pode ser realizada no ensino de disciplinas como a Física. Assim sendo, esta sistemática de levar a experimentação e a construção da mesma fica como parte importante na formação acadêmica na área de ciências e matemática, pois leva o aluno a investigar o fenômeno e ao final do experimento é possível analisar os resultados. Fica concluído que os resultados são coerentes com a teoria e que o protótipo da Tábua de Galton pode ser utilizado na sala de aula.

PALAVRAS-CHAVE: Tábua de Galton. Ensino de Física. Fenômenos Aleatórios.

ABSTRACT

This work approaches a proposal for teaching random and probabilistic phenomena using the Galton Table, having as main focus the application of experiments like this that are easy to access and of low cost, for higher and secondary education. Through the use of a prototype of the board, it was evidenced that some of the statistical methods can be visualized and through the experimental data obtained it was proved that its applicability can be performed in the teaching of disciplines such as Physics. Therefore, this system of taking experimentation and building it remains as a significant part of academic training in the area of science and mathematics, as it leads the student to investigate the phenomenon and at the end of the experiment it is possible to analyze the results. It is concluded that the results are consistent with the theory and that the prototype of the Galton Table can be used in the classroom.

KEYWORDS: Galton's table. Physics teaching. Random Phenomena.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	ESTATÍSTICA	14
2.2	ALEATORIEDADE.....	15
2.3	DISTRIBUIÇÃO NORMAL OU GAUSSIANA	16
2.4	FENÔMENOS ALEATÓRIOS EM FÍSICA	18
3	TÁBUA DE GALTON	20
3.1	QUEM FOI FRANCIS GALTON?	20
3.2	O QUE É A TÁBUA?	21
3.3	PARA QUÊ SERVE?.....	22
4	METODOLOGIA	25
4.1	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	26
4.1.1	Montagem da tábua.....	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6	CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS	33
	REFERÊNCIAS	35
	APÊNDICE	37
	Apêndice A- Plano de Aula	37

1 INTRODUÇÃO

Por se tratar de fenômenos que estão aos poucos sendo engajados na sala de aula e por estarem mais presentes nos assuntos atuais, estudo de probabilidade e aleatoriedade tem se tornado mais comum e sua associação com o cotidiano tem sido mais abordada.

No processo de formação continuada de professores, é importante que haja um engajamento em áreas comuns, no qual “deve, mais do que nunca, além de preocupar-se com o desenvolvimento pessoal e a construção de competências, promover a integração entre situações de vivências práticas, valorizar as novas concepções de formação, com vista a oportunizar a construção de pensamento reflexivo” (Burlandy, 2004). A partir desses casos, é possível mostrar que a procura por essa área tem se tornando cada vez maior e grandes contribuições nos estudos relacionados ao tema têm sido realizadas.

Nesta temática de estatística, probabilidade e aleatoriedade promove uma boa interdisciplinaridade no ensino de áreas como na física, química, biologia e tantos outros ramos científicos. Na matriz de referência do ENEM (BRASIL, 2009) é possível encontrar cinco competências e cada uma dessas as habilidades necessárias para seu respectivo cumprimento citando, por exemplo a que prioriza que o estudante deve ser preparado para “selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações problema”, como é esclarecido mais especificamente na competência 3, que tem como tema : “Enfrentar situações-problema (SP)” .

Partindo de uma análise dos Parâmetros Curriculares para a Educação Básica do Estado de Pernambuco, na disciplina de matemática para o ensino médio (PCN- PERNAMBUCO, 2012) é possível perceber que os conteúdos de aleatoriedade e probabilidade devem ser abordados na sala de aula, com o intuito de levar mais conhecimento a cada um e que em possíveis provas ou desafios futuros os alunos estejam preparados para resolver um questionamento ou relatar sobre essa temática.

Em alguns dos cursos de graduação de disciplinas ligadas à ciência, os

conteúdos de estatística aplicados a fenômenos aleatórios são passados despercebidos ou com uma pequena abordagem. Os graduandos que se interessam pelo tema, podem buscar se apropriar desse conhecimento em outros ambientes, como num estudo dirigido, um seminário continuado ou em projetos externos, mas infelizmente muitos desses estudantes não conseguem associar a teoria com a prática ou mesmo com metodologias de ensino.

Quando um projeto é aplicado, os alunos remetem mais ao aprendizado ao conseguir lembrar do que foi realizado e do assunto tratado. De acordo com Barbosa et al.(2004):

“O método de projetos é uma estratégia de ensino-aprendizagem que visa, por meio da investigação de um tema ou de um problema, vincular teoria e prática. Gera aprendizagem diversificada e em tempo real, inserida em novo contexto pedagógico, no qual o aluno é agente na produção do conhecimento. Rompe com a imposição de conteúdos de forma rígida e pré-estabelecida, incorporando-os na medida em que se constituem como parte fundamental para o desenvolvimento do projeto.” (BARBOSA et al., 2004)

A metodologia deve ser bem estudada para poder ter uma melhor aplicação e, sendo assim, deve haver esforços e um maior empenho por parte dos professores e dos alunos para que a metodologia do aprendizado seja concluída e, assim, alcance o objetivo que é o de obter um rendimento claro e específico de máxima aprendizagem.

No curso de Física-Licenciatura da UFPE/CAA, de acordo com uma análise do PPP do curso, no tronco comum com os assuntos de matemática, que são dispostas as ferramentas necessárias para uso na Física, é encontrado o conceito de probabilidade e estatística. Continuando a análise, na disciplina de Fundamentos de Física III, o conteúdo de probabilidade é associado ao assunto de entropia. Em Computação Científica II temos também, além do conceito de probabilidade, as variáveis aleatórias, os processos estocásticos e outros temas, assim como nas disciplinas de Física Experimental I e II que tratam de forma mais aplicada para a preparação e resolução de experimentos que se referem ao tema. Na eletiva de Mecânica Quântica I, a probabilidade consta como conteúdo programático e, na Mecânica Estatística, temos a introdução aos métodos estatísticos e a descrição estatística para uso em um sistema físico. Nas disciplinas de Física Moderna I e II e também na disciplina de Laboratório de Física Moderna I é abordado o conteúdo de

física estatística.

Como é possível perceber, após essa análise do PPP, a Física Estatística não deve ser associada somente à Física Moderna, mas que está presente também na Física Clássica quando usada juntamente com a Entropia e nas disciplinas experimentais. É preciso esclarecer e sempre frisar que o fato de que a Física pode ser tanto determinística como probabilística, assuntos como o problema da caminhada aleatória estão dispostos como conteúdos da Física no Ensino Superior.

Assim, o objetivo deste trabalho é analisar se é possível, utilizando um protótipo da Tábua de Galton, ensinar alguns conceitos de Probabilidade e de Estatística. Ainda, analisaremos a partir dos dados obtidos na experimentação se é possível obter uma aproximação da curva normal. Nas perspectivas, será analisado se os estudantes vão conseguir associar o tema ao que possa ter sido trabalhado ou abordado pelo professor na sala de aula em um momento anterior ao da aplicação desse experimento. A partir de então é que será possível responder à pergunta de pesquisa acerca desse trabalho, que trata da indagação de saber em que nível de ensino e aprendizagem encontra-se o estudante e como estão sendo aplicados os conceitos e práticas de Probabilidade e Aleatoriedade. Mais adiante, será possível responder a essa questão partindo do uso de questionários respondidos antes e depois da execução do experimento em classe que estarão dispostos no Apêndice A.

O professor tem por muitas vezes uma formação e um pensamento determinístico sobre a matemática e sobre todo o mundo, como dito por Oliveira e Cazorla (2008), “quase não se dá atenção ao pensamento probabilístico, pois estamos habituados a uma Matemática de certezas”. Quando chegamos a abordar temas como a estatística em uma sala de aula, podemos nos deparar com uma certa estranheza por parte dos alunos pelo motivo de que os mesmos não têm ainda o reconhecimento da importância desse estudo e nem tampouco o aprofundamento necessário. Para compensar essa atitude, é possível perceber que um aumento no interesse por esse tema vem sendo percebido através do progresso científico.

É completamente aceitável que, para podermos discutir e viver em uma sociedade crítica e poder fazer parte dela com merecimento e respeito por todos, a busca por conhecimento é quase insaciável. Por este motivo, a busca por entender tudo o que se passa é o que leva ao estudo ou à leitura e, assim sendo, podemos

destacar a importância da estatística no cotidiano para a progressão do saber.

Assim como o professor, o aluno também tem quase sempre um conceito pré-determinado no qual o leva a pensar que a matemática é algo determinístico ou algo que pode ser sempre previsível, ou ainda que podemos, basicamente, obter um valor já esperado e que em nada pode ser alterado. É a partir do estudo de fenômenos probabilísticos que podemos provar que não é somente isso, e sim que podemos obter uma média de uma grandeza ou um fenômeno que pode vir a acontecer ou não.

Nesse trabalho será apresentada a construção juntamente com os resultados experimentais de um protótipo da tábua de Galton. Foram analisados os lançamentos considerando diferentes números de colisões e os resultados experimentais serão apresentados. Como foco principal, teremos o uso de alguns tópicos da probabilidade e da estatística através da Tábua de Galton. Por se tratar de um objeto que pode ser construído facilmente, tem por interesse que seu alcance à população seja mais facilitado e em maior número, principalmente no ensino superior, onde é possível que o graduando encontre um grupo de estudo ou de extensão universitária. Os alunos, assim como outros exemplos em nosso campus, podem até vir a criar um grupo para que possam vir a aprender e aplicar esse recurso em suas aulas ou em seus planos de aulas, para aqueles que desejam seguir na carreira acadêmica. Um dos grandes objetivos do uso e da criação desse aparelho é a visualização do Teorema Fundamental do Cálculo, que será citado posteriormente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ESTATÍSTICA

A Estatística, definida por Marcos Nascimento (2002), tem a seguinte descrição: “Estatística é o conjunto de técnicas que permite, de forma sistemática, organizar, descrever, analisar e interpretar dados oriundos de estudos ou experimentos, realizados em qualquer área do conhecimento”. Através de uma análise dessa descrição, é possível perceber que a estatística tem tamanha importância na coleta de dados em quase todas as áreas, pois é a partir da contagem dos resultados e amostras de cada população, por exemplo, que os resultados são diagramados em diversas formas de representação para que seja possível uma melhor análise dos resultados alcançados a partir do que foi demonstrado e calculado. Sendo assim, é também através de todo esse processo de apuração de dados que o sistema organizacional do experimento ou da coleta de dados é realizado para que as melhores mudanças e iniciativas sejam tomadas para um alcance de desenvolvimento.

Para que seja possível explicar o que foi relatado anteriormente, podemos usar o exemplo do que ocorre na tábua de Galton, quando em seu processo de reprodução ou criação de um protótipo para este trabalho, foi possível comprovar através dos dados estatísticos que o processo de montagem interfere nos resultados (a descrição do processo encontra-se relatado no ponto 4.1- Procedimento Experimental). Quando a quantidade de esferas é reduzida, a finalização dos cálculos não é satisfatória e por este motivo é que se torna essencial a realização de testes para que seja definida a melhor forma de execução.

Em fenômenos como esse, é sempre indispensável que o experimento tenha um considerável número de repetições, pois quanto maior é essa quantidade, melhor será apresentado o efeito e utilização da estatística nos resultados.

Devido ao caráter de receptibilidade do estudo estatístico, o entendimento de algumas definições é de extrema importância para a interpretação estatística dos fenômenos. Dentre essas definições, aqui é destacado a média, que é um ponto de equilíbrio para onde a maior parte da distribuição de medidas tende a convergir, e o desvio padrão, que dá a ideia de dispersão, ou seja, do quanto as medidas da distribuição divergem do valor da média. As equações utilizadas para o cálculo do

valor médio de uma grandeza x (\bar{x}), e a medida do desvio padrão σ dessa grandeza estão na Equação 1 e 2, respectivamente.

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \text{Eq.1}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Eq.2}$$

2.2 ALEATORIEDADE

Os fenômenos aleatórios são associados à probabilidade pois, como afirma Marcos Nascimento Magalhães (2002): "probabilidade pode ser pensada como a teoria matemática utilizada para se estudar a incerteza oriunda de fenômenos de caráter aleatório" e é a partir desta teoria que podemos obter experimentos definidos como aleatórios e que devem sim ser quantificados e, sendo definidos como tal, serem distinguidos dos fenômenos determinísticos.

Seguindo a linha de pensamento de Carlos Dantas (2008): "Há uma grande classe de experimentos que, ao serem repetidos nas mesmas condições, produzem resultados diferentes. Ou, em outros termos, experimentos que, quando realizados, não apresentam resultados previsíveis de antemão." A qual também é definida por outros autores, que usam a mesma definição de que, em alguns experimentos, mesmo seguindo as mesmas condições, realizado por diversas vezes, apresentam resultados finais diferentes. É também a partir desta definição que podemos realizar a análise e o andamento do experimento é que vai designar o possível resultado final ou o que acontece nos momentos que antecedem essa finalização.

De acordo com Dantas(2008), "experimentos que ao serem repetidos nas mesmas condições não produzem o mesmo resultado são denominados experimentos aleatórios" e para que estes sejam diferenciados dos fenômenos determinísticos que segundo Marcos Carlos Dantas são: "Os experimentos que ao serem repetidos nas mesmas condições conduzem ao mesmo resultado..." é preciso analisar o mesmo experimento várias vezes, mas sempre nas mesmas condições iniciais, que são essenciais para que posteriormente seja analisado o resultado e, assim, seja possível distinguir como sendo um fenômeno aleatório ou um fenômeno determinístico.

2.3 DISTRIBUIÇÃO NORMAL OU GAUSSIANA

A história desse tipo de distribuição está muito associada ao desvendamento do mistério que cercam os jogos de azar, pois sempre era buscado uma resolução para o quê ou de qual forma aconteceria aquele resultado, alimentado por apostas de grandes empresários em meados do século XVI. Foi assim que surgiram os primeiros estudos sobre o que seria a probabilidade e como isso poderia ajudar aos grandes apostadores ou como os cassinos conseguiriam angariar mais dinheiro desses apostadores, burlando as regras ou manipulando máquinas de apostas, como relatado por Luiz Davidovich (2013).

Como forma de demonstrar a relevância da curva normal, segue o relato de Crilly: “A curva “normal” tem um papel fundamental na estatística. É considerada equivalente à linha reta na matemática”. (CRILLY,2017). Partindo deste pressuposto, de que a curva normal é de grande importância na estatística, podemos perceber o quanto ela pode ser utilizada em resultados de análises estatísticas como melhor forma de demonstrá-los em vários ramos, como na própria matemática, na física, na biologia, na Economia e também em dados geográficos e até aliados com dados históricos. Como ela foi associada por Crilly à linha reta na matemática, é possível verificar que a curva normal é um dos assuntos mais lembrados e vistos quando o tema é a Estatística.

Este tipo de curva é conhecida também como Gaussiana, pois Carl Friedrich Gauss associou os erros da observação da astronomia a esse tipo de curva, criando assim um novo modelo matemático, como relata Crilly (2017).

Assim como Francis Galton analisava os comportamentos repetitivos e características comuns à população, segundo Luiz Davidovich(2013) menciona em seu artigo, o Adolphe Quetelet também fez esse tipo de observação, fazendo a medição da altura de recrutas franceses e assim observando que os resultados dessa análise seguiam o comportamento de uma curva normal.

Para que possamos dar prosseguimento aos temas mais vistos e estudados neste ramo da matemática é preciso descrever o teorema do valor médio, o qual “declara que a distribuição real das médias das amostras \bar{x} se aproxima de uma curva normal, não importando a distribuição de x .” (CRILLY, 2017).

Fazendo uma associação ao experimento que foi utilizado neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), será possível ilustrar que a seguinte afirmação de Crilly (2017) é válida nesta situação: “para valores grandes de n , a variável x que mede o número de sucessos se ajusta cada vez melhor à curva normal.” Pois, como trataremos da análise dos resultados na tábua de Galton, é possível tirar a conclusão de que quanto mais objetos lançados, melhor será o resultado em questão de aproximação da curva normal.

Posteriormente, na continuação deste trabalho, iremos comentar o que justamente significa esse número n , como sendo o número de objetos depositados, podendo ser bolas de gude por exemplo, e será possível também demonstrar o que ocorre quando depositamos menos objetos no mesmo protótipo da tábua de Galton.

A curva normal $f(x)$, representada na Figura 1, apresenta algumas características principais que são, como retrata Morettin (1999): o ponto máximo de $f(x)$ é o ponto em que $x = \bar{x}$; ou seja, o ponto máximo da distribuição está localizado no ponto de média, b) os pontos de inflexão da curva são: $x = \bar{x} + \sigma$ e $x = \bar{x} - \sigma$; nos quais está localizado o desvio padrão dessa curva e é onde está a concavidade voltada para baixo, a curva apresenta simetria em relação a \bar{x} ; sendo assim, a curva é simétrica em torno da sua média.

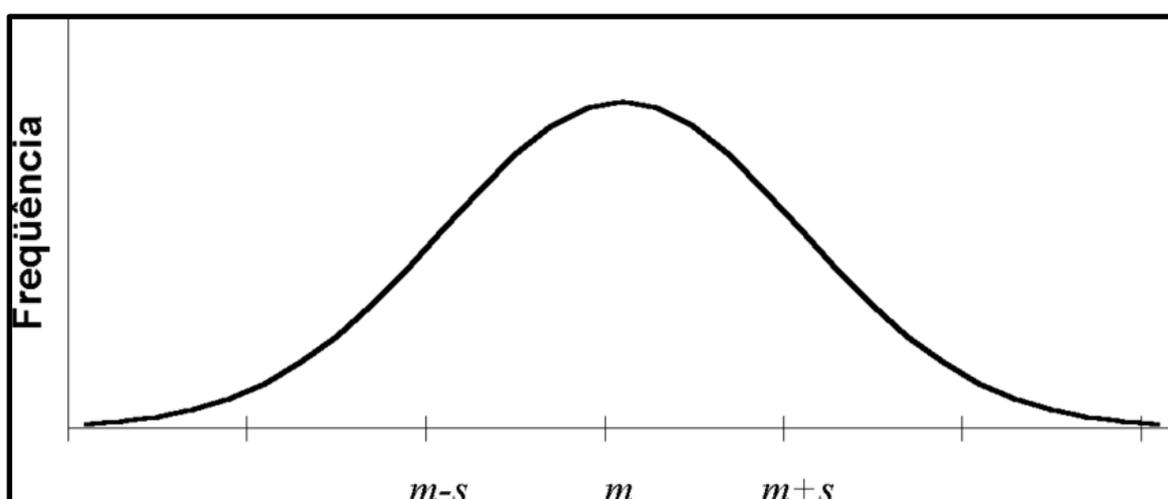


Figura 1: Representação gráfica de uma distribuição normal com média m e variância s^2

Fonte:

https://www.researchgate.net/publication/26373503_Modelagem_Computacional_para_Producao_e_Pesquisa_em_Avicultura

Como Luiz Morettin relata (1999), a variável aleatória x tem Distribuição Normal de probabilidade se sua função densidade de probabilidade puder ser dada pela Equação 3, onde x é uma variável aleatória, μ é a média e σ é o desvio padrão

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}, \text{ para } -\infty < x < +\infty. \quad \text{Eq.3}$$

2.4 FENÔMENOS ALEATÓRIOS EM FÍSICA

A partir de estudos no que diz respeito à Teoria Quântica da luz, Einstein pôde resumir que um fenômeno aleatório ocorre no processo de emissão espontânea, assim como é relatado por Luiz Davidovich(2013) no qual é abordado que: “O processo de emissão espontânea tem dois elementos aleatórios: o instante e a direção de emissão. Isso preocupa Einstein profundamente, antes mesmo do aparecimento da interpretação probabilística da mecânica quântica.” é a partir desse desenvolvimento que fica claro que no momento da emissão de luz, tanto a sua direção quanto o instante em que esse fenômeno ocorrerá, pois trata-se de um caso que não pode ser previsto. Continuando, infelizmente a aleatoriedade muitas vezes é considerada como um erro ou como um cálculo que não chegou a um resultado fixado e segundo Einstein (1917), “... um ponto fraco da teoria...que ela deixe ao acaso o instante da direção dos processos elementares” (apud Davidovich, 2013).

Assim como citado no livro O Andar do Bêbado, de Leonard Mlodinow (2009): “o trabalho de Einstein de 1905 sobre física estatística tinha o objetivo de explicar um fenômeno chamado movimento browniano.”, o qual é possível destacar como sendo uma análise de movimentos de fluídos e de partículas. Após grandes estudos, Boltzmann, Maxwell e outros: “criaram o novo campo da física estatística, empregando as estruturas matemáticas da probabilidade e da estatística para explicar de que modo as propriedades dos fluídos surgiam a partir do movimento dos átomos (na época, hipotéticos) que os constituam.”, como citado por Leonard Mlodinow (2009).

Foi a partir desse estudo que Einstein desenvolveu grandes cálculos para que assim pudesse demonstrar que a teoria da física estatística é verdadeira e que deveria ser aceita por todos pois, mesmo que ela já apresentasse alguma temática

conhecida por muitos estudiosos, ela estava trazendo muitas novidades. Sendo defendida e explicada por Einstein, essa teoria de que a física estatística não deveria ser usada foi totalmente abolida dos estudos, pois ele conseguiu provar a necessidade de uso deste tipo de ferramenta e também pelo fato de que ela é totalmente eficaz para explicar fenômenos como o do movimento aleatório das moléculas.

Para Leonard Mlodinow(2009):

Quando Einstein fez as contas, descobriu que, apesar do caos no nível microscópico, havia uma relação previsível entre fatores como tamanho, número e velocidade das moléculas e a frequência e magnitude dos movimentos. Einstein conseguiu, pela primeira vez relacionar a física estatística a consequências novas e mensuráveis.(MLODINOW L., 2009)

Apesar de usar a Física Estatística, Albert Einstein criticou a probabilidade da Mecânica Quântica, pois era adepto e defensor do Determinismo da Física Clássica e nunca assumiu que o acaso existe e que deve ser usado para explicar o mundo quântico, pois é a partir deste ramo que é possível definir o posicionamento de partículas em determinados casos do campo microscópico.

3 TÁBUA DE GALTON

3.1 QUEM FOI FRANCIS GALTON?

Francis Galton foi um grande estudioso de várias áreas e a partir da observação de alguns movimentos involuntários do ser humano, ele pôde aprofundar estes estudos como sendo movimentos aleatórios e quantas repetições poderiam ser observadas em determinado intervalo de tempo, que muitas vezes era enquanto durasse uma missa. Na igreja, ele conseguiu fazer várias observações como essa que serviram de gatilho para suas percepções e seus levantamentos acerca do seu tema de trabalho.

Para Geraldo e Salgado:

“Suas contribuições vão além da sua vasta obra. Sir Francis Galton foi um dos últimos cavaleiros cientistas, era um homem brilhante, foi um dos fundadores da antropologia, meteorologista, matemático, biólogo e inventou os parâmetros estatísticos conhecidos como teoria da regressão e correlação.” (Geraldo e Salgado,2011).

Sendo considerado um grande cientista que ficou conhecido pela academia por ser primo de Charles Darwin (1809-1882) e por suas grandes contribuições, principalmente quando em 1873 ele criou um dispositivo muito inovador para a época, pois seria dele que partiriam grandes resultados do ramo da física e da biologia. Esse dispositivo foi a tábua que recebeu seu nome: a Tábua de Galton.

Ainda segundo Geraldo e Salgado (2011), “Francis Galton levantou dados biométricos e criou técnicas estatísticas: análise de regressão, correlação (co-variância e variância) ainda em uso hoje. Descobriu que as diferenças individuais de muitos traços são distribuídas de acordo com uma curva de distribuição normal. Foi Galton que batizou a curva em forma de sino de “curva normal”.”

3.2 O QUE É A TÁBUA?

Como será possível descrever o movimento de objetos que caem aleatoriamente em concavidades e dali se obtém o resultado como sendo uma curva gaussiana? Foi essa resposta que Galton procurou, ao criar esse objeto que até hoje é utilizado: a Tábua de Galton.

Como relatado anteriormente, Galton trabalhava sempre a partir do que ele mesmo observa nas repetições de processos aleatórios do corpo e que muitas vezes são involuntários ou cotidianos. Em mais um de seus estudos, ele chegou à conclusão de que, como o processo de queda das esferas por meio da lei da gravidade formaria, ao final do processo uma curva gaussiana quase perfeita, ou seja, que o ponto de maior quantidade de esferas localizadas nesta cavidade está localizado no eixo central das cavidades finais do experimento. Sendo assim, o foco principal do experimento deste trabalho está em mostrar que as esferas possuem um movimento aleatório, mas que tendem a se alojar nas divisórias centrais com o aumento do número de lançamentos.

Durante toda a prática de experimentação, como explicado no capítulo anterior, é necessário que a montagem do protótipo seja realizada com alta precisão, para que não seja alterado o resultado final e que não seja um influenciador para resultados e discussões equivocadas. Desde que a tábua é escolhida, até a formatação de cada prego e da forma de descartar as esferas ou outro objeto, tudo tem que ser levado em consideração e tratado com importância pois influenciará no resultado final.

Quanto mais bolinhas forem lançadas, melhor se apresentará o resultado, pois terá uma aproximação de uma curva gaussiana. Ou seja, se ao serem lançadas poucas esferas o resultado não será satisfatório, pois não formará nem uma curva específica, a partir do momento em que esse número de esferas é aumentado e seguindo todos os protocolos corretos para uma melhor experimentação, aí sim terá como resultado uma curva semelhante à gaussiana.

O protótipo da Tábua de Galton, produzido para uso neste trabalho, como mostra a Figura 2, trata-se de uma tábua de madeira com pregos que servem para que a esfera colida com um deles e, através disso, monte o seu caminho aleatório até chegar à divisória que condiz com o fim do trajeto. Como explica Ricardo Roberto (2008): “consiste num conjunto de bolinhas que descem por uma rampa

com uma certa inclinação; durante o seu percurso estas bolinhas colidem com os pregos colocados ao longo da rampa.”.

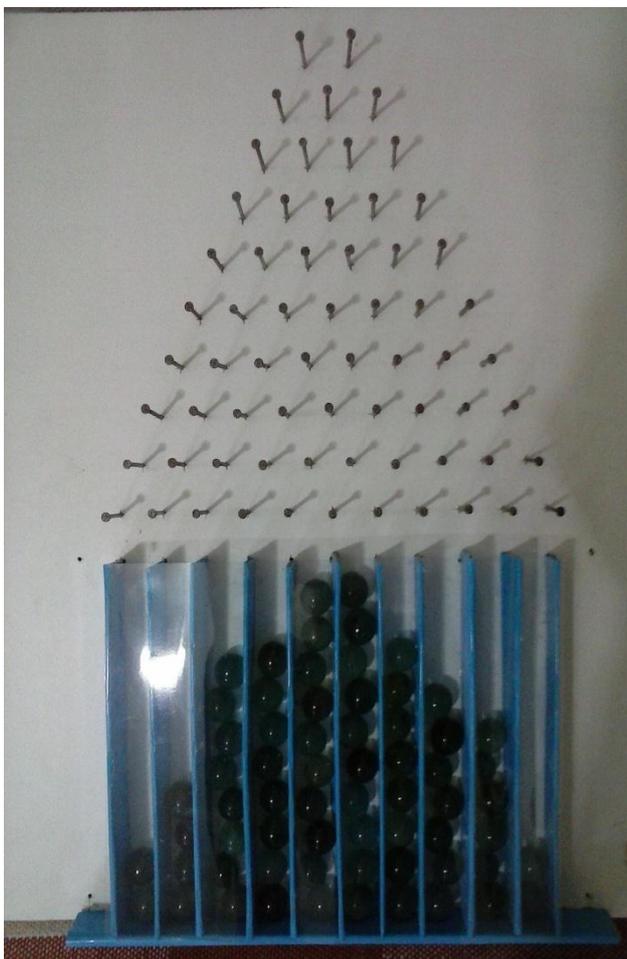


Figura 2: Foto da Tábua de Galton após os lançamentos.

Fonte: Alana Azevedo

3.3 PARA QUÊ SERVE?

Galton fez uso de seu experimento e posteriormente o nomeou de Quincunx, o qual leva esse nome pois Galton observou esse padrão nos obstáculos propostos no seu dispositivo. Como retrata Eric Batista Ferreira (2019): “Um quincunx ('kwɪn.kənks) é um padrão geométrico que consiste em cinco pontos dispostos em forma de cruz, quatro deles formando um quadrado ou retângulo e um quinto em seu centro (como a quinta face de um dado,[...]).



Figura 3: Quinta face de um dado, no qual os pontos formam um padrão Quincunx.

Fonte: <https://educalingo.com/pt/dic-pt/quinconcio>

Utilizando o Quincunx, o professor pode facilitar o ensino, pois o aluno pode participar ativamente do processo de construção do conhecimento, associando a teoria à prática por meio de simulações lúdicas. (SANTOS, 2008)

É interessante que o professor esteja apoiado em uma base lúdica para que chame a atenção dos alunos e para que tenham um aprendizado mais simples, mas não menos importante, e que apresente uma maneira nova de ensinar assuntos que já são encontrados nos livros e em avaliações comuns.

A tábua de Galton pode ser usada para o estudo das propriedades e formação da curva gaussiana. Ainda, se consegue analisar como essa distribuição normal é formada e diferenciada dos demais tipos. É possível também trabalhar os conceitos de: probabilidade, espaço amostral e definições como a de eventos aleatórios.

Para que seja feita uma associação com o cotidiano do aluno, seja ele de qualquer nível de ensino, é relevante que seja abordado o fato de que muitos acontecimentos são aleatórios, assim como o caminho das esferas e a partir daí também será abordada a noção de temas como o acaso e a incerteza. A questão da caminhada aleatória também pode ser verificada, na qual a pessoa é quem define qual passo será dado ao caminhar por uma calçada, seja ele para a direita ou para a esquerda, como apresentado no livro *O Andar do Bêbado*(2009).

O ensino de probabilidade aborda vastos conceitos e definições. Com o objetivo de obtermos uma questão de afinamento de tema, iremos utilizar a Tábua

proposta por Galton para a execução do projeto e abordar alguns desses conceitos e definições.

As disciplinas de física e matemática são disciplinas básicas e essenciais na formação do estudante e tais disciplinas são interligadas, podendo ser exploradas para atividades interdisciplinares. Mesmo que não seja utilizando resolução matemática de problemas, o pensamento matemático estará presente no raciocínio utilizado na física e na necessidade de quantificar grandezas, como afirma Paul G. Hewitt (2011).

Apesar de ser um recurso didático muito interessante, rápido e prático de ser construído, alguns dos professores não demonstram curiosidades ou interesses para a utilização da tábua de Galton nas salas de aula do ensino médio. Porém, é possível abordar uma grande quantidade de conceitos a partir da apresentação da tábua aos estudantes como por exemplo, os conceitos de probabilidade, trajetória e aleatoriedade, entre outros, podem ser abordados utilizando o dispositivo.

4 METODOLOGIA

Partindo do objetivo inicial do projeto de assuntos relacionados com a Física que pudessem ser confeccionados a partir do uso de materiais de baixo custo, esta temática foi escolhida, pois é um assunto pouco abordado em quase todos os níveis de escolaridade. A partir dessa decisão, foram buscadas as fontes de estudos para fundamentação dos resultados e a elaboração de trabalhos a serem apresentados em Congressos, como por exemplo o XXXIII EFNNE (ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E NORDESTE – 2015), no qual o artigo foi aceito para o modelo de apresentação de banners.

Em seu livro *Natural Inheritance* (1889), Galton descreveu o dispositivo utilizado neste trabalho, como um dispositivo mecânico utilizado para ordenar dados. Hoje, tal dispositivo é mais conhecido como tábua de Galton e causa grande inquietação nos estudantes por acharem em uma primeira impressão que se trata de um jogo. Nas primeiras buscas, foi possível encontrar alguns materiais que ajudaram no aprofundamento inicial e também em um maior conhecimento acerca de quem elaborou e escreveu sobre este experimento e sobre esses temas abordados com tanta interdisciplinaridade.

A obra mais utilizada neste TCC foi o livro: *O andar do Bêbado*, do autor Leonard Mlodinow na edição de 2009, pois trata-se de uma obra que tem grande relação com o presente trabalho ao trazer todas as temáticas dos fenômenos probabilísticos e aleatórios, assim como grandes estudiosos do meio acadêmico Científico. É um livro que tem uma linguagem comum no qual o leitor não precisa obter o conhecimento prévio sobre esses fenômenos para a leitura do mesmo, mas ele pode ser um ótimo ponto de partida para quem se interessa em estudar o assunto. Um dos pontos chave que a obra traz é o fato de que o leitor passe a identificar melhor o quanto esses fatos retratados estão presentes no cotidiano.

Partindo da nova etapa, após a elaboração da experimentação ter sido concluída, foi realizada a análise das possibilidades de uso por parte dos professores para uma futura aplicação no ambiente escolar. A próxima fase foi a análise matemática, com o uso de fórmulas e estudos aplicados a essa parte, pois é de extrema necessidade que isso aconteça para que se obtenha uma melhor aplicação. As melhores formas de elaboração e construção também foram

analisadas, pois alguns erros ocorreram na primeira montagem a partir de uma falta de experiência e de pouco esclarecimento nos artigos que tratam da explicação da experiência.

4.1.PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.1.1 Montagem da Tábua de Galton

A tábua de Galton, construída neste trabalho, baseia-se em fileiras horizontais de pregos, conforme ilustrado na Figura 3, de forma que uma esfera seja lançada e tendo a probabilidade de se deslocar para a direita ou para a esquerda, colidindo com o prego da segunda fileira, que é construída de forma deslocada em relação à primeira. Tal processo é repetido até atingir o número final de colisões desejado. São necessários alguns cuidados na construção do protótipo para que esse processo auxilie em um melhor resultado experimental:

- A tábua não deve ter rugosidades ou deformações;
- Os pregos devem ser perfeitos em seu eixo e devem ser fixados de maneira mais perpendicular possível com a tábua;
- As Bolas de Vidro devem ser de mesmo diâmetro e não podem ter nenhum tipo de alteração;
- O espaçamento entre os pregos deve ser calculado de acordo com o tamanho das Bolas pois não podem ser muito espaçados, o que levaria a não obtenção de colisões, como também não podem ser muito unido, pois as bolas ficariam impossibilitadas de percorrer a Tábua.

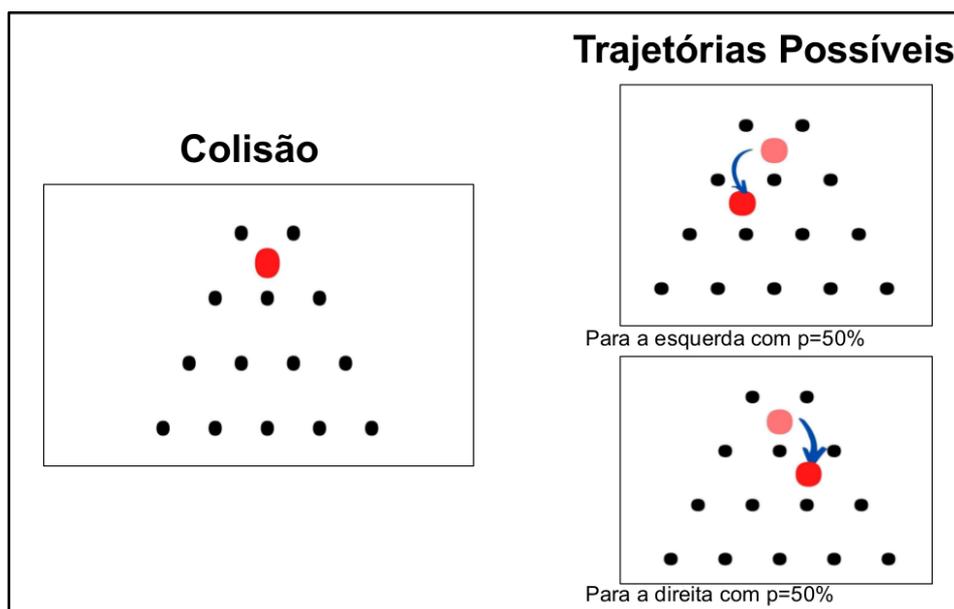


Figura 3: Representação do movimento

Fonte: Alana Azevedo

Para a construção do protótipo da tábua de Galton foram utilizados os seguintes materiais:

- i. tábua de madeira com 0,42 m de comprimento e 0,47 m de altura;
- ii. 54 pregos;
- iii. 200 bolas de vidro (1,8cm de diâmetro);
- iv. pedaços de papelão;
- v. placa de acetato;
- vi. martelo;
- vii. trena;

A partir destes materiais, foram realizadas as medições e as devidas marcações, a distância entre os pregos foi de 25 mm, tanto verticalmente como horizontalmente. Na primeira fileira de pregos, não ocorre colisão do tipo esfera-prego, assim sendo, só contamos a partir da segunda fileira de pregos, o que acarreta que obteremos um número máximo de 9 colisões. O resultado da montagem pode ser visualizado na figura 4.

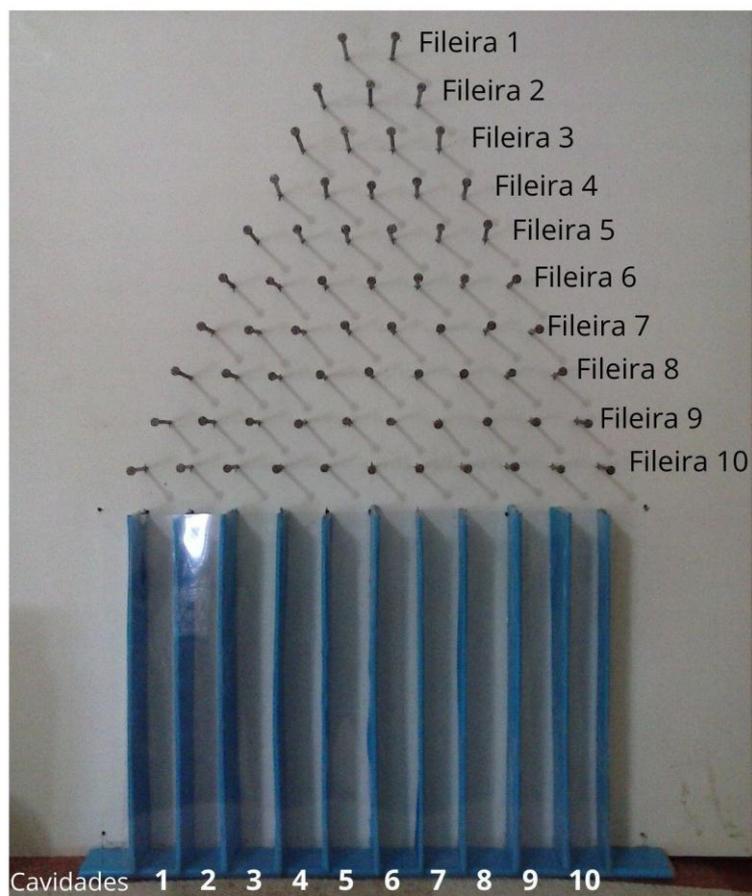


Figura 4: Foto da Tábua de Galton finalizada.

Fonte: Alana Azevedo

Foram calculadas a média e o desvio padrão, utilizando as Equações 1 e 2. Utilizando um paquímetro, foram realizadas as medidas dos diâmetros de 200 esferas de vidro e, a partir das equações 1 e 2, determinou-se o diâmetro médio de $1,800 \pm 0,005$ cm. Foram realizados 200 lançamentos, anotando-se a coluna que a esfera lançada finaliza seu movimento.

Algumas questões relevantes foram levadas em consideração antes dos lançamentos, como a inclinação da tábua, a madeira que não pode apresentar nenhum obstáculo ou deformação, ou seja deve estar bem lixada para que não apresente atrito com a esfera. Os pregos devem ser fixados da melhor maneira possível e de forma perpendicular com relação a tábua. As esferas devem também, assim como todos os materiais, estar em perfeito estado. Todos esses motivos são necessários para que o experimento não sofra alterações em seu funcionamento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a construção da tábua, foi realizada o procedimento experimental do qual seguem os resultados apresentados nas tabelas e gráficos. Os lançamentos foram realizados com a Tábua em posição vertical. O experimento foi realizado com 10, 20, 50, 100 e 200 bolas de vidro, sendo esses lançamentos repetidos para uma Tábua com 5 fileiras de pregos e outra para 10 fileiras de pregos. Na Tabela 1, temos os resultados da Média que, no caso específico, mostra em média qual cavidade encontra-se o maior número de Bolinhas, ou seja, o Pico da Curva, e do Desvio Padrão, o qual trata de quanto é a dispersão do valor médio, tanto para a esquerda quanto para a direita.

BOLAS	5 FILEIRAS		10 FILEIRAS	
	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
10	4	1,61	5,5	2
20	5	2,09	5,55	2,47
50	5,18	2,16	5,26	2,36
100	5,35	2,11	5,23	2,42
200	5,51	2,11	4,55	2,49

Tabela 1- Resultados Experimentais da Média e do Desvio Padrão

Fonte: Alana Azevedo

Analisando as Figuras 2.a), 2.b) e 2.c), as quais mostram os resultados com experimento com 10, 20 e 50 bolas respectivamente, observa-se para a tábua com 5 fileiras de pregos que devido a quantidade de lançamentos, a curva obtida com a Tábua de Galton ficou distante da curva normal, como já era esperado. Sendo assim, foi notado que é impossível obter boas comparações ao experimento de Galton com poucas esferas lançadas. Já nas Figuras 2.d) e 2.e) estão os resultados para os lançamentos utilizando 100 e 200 bolas, respectivamente, para a tábua com 5 fileiras de pregos. Neste caso, apesar de estar distante da curva normal, já é observado uma maior aproximação da distribuição obtida com a distribuição Gaussiana.

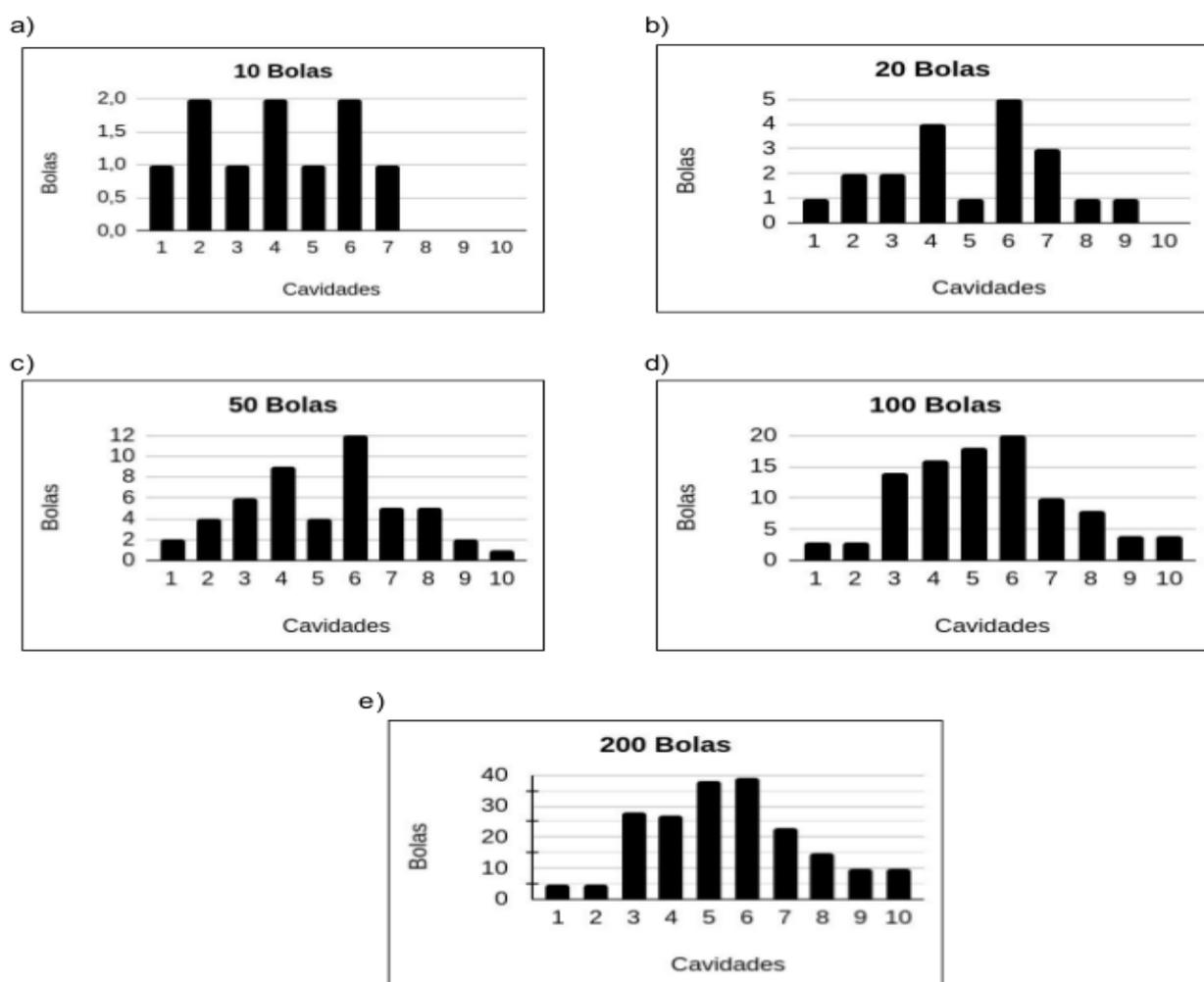


Figura 2- Resultados Experimentais para 5 fileiras de Pregos para
a) lançamento de 10 bolas; **b)** lançamento de 20 bolas; **c)** lançamento de 50 bolas; **d)**
 lançamento de 100 bolas; **e)** lançamento de 200 bolas;
Fonte: Alana Azevedo

No caso dos lançamentos com 10 fileiras de pregos, os resultados estão dispostos na Figura 3. É observado que as médias para todos os lançamentos estão entre as cavidades 5 e 6, como ficou demonstrado na Tabela 1. No entanto, pelos histogramas da Figura 3.a),3.b) e 3.c) é possível observar que para os lançamentos com poucas bolas, a distribuição diverge mais do formato da curva normal, como ocorrido na Tábua com 5 fileiras. Mas para os lançamentos com 100 e 200 bolas, como é visto na Figura 3.d) e 3.e), foi obtido uma boa aproximação para a curva gaussiana. Em especial, o lançamento com 200 bolas mostra uma clara tendência à distribuição Gaussiana.

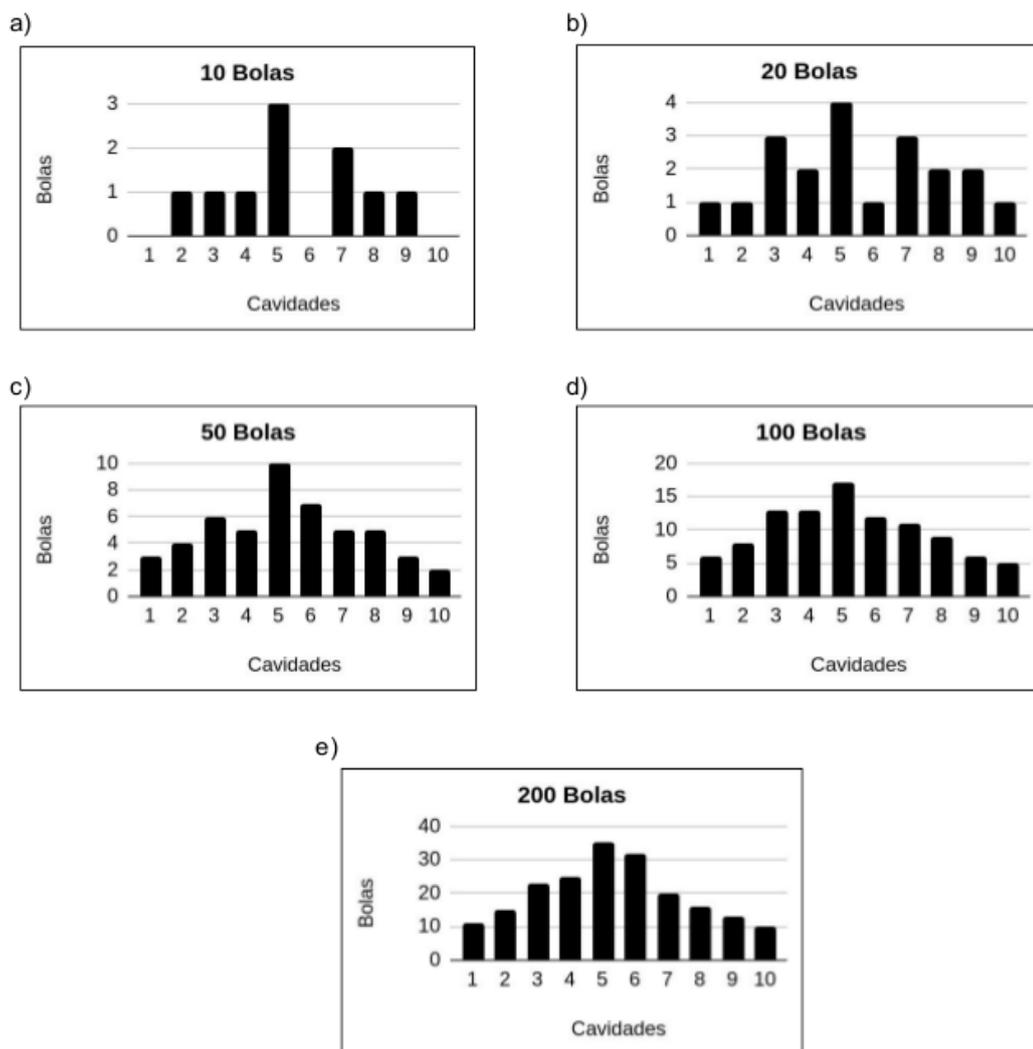


Figura 3- Resultados Experimentais para 10 fileiras de Pregos para
a) lançamento de 10 bolas; **b)** lançamento de 20 bolas; **c)** lançamento de 50 bolas;
d) lançamento de 100 bolas; **e)** lançamento de 200 bolas;

Fonte: Alana Azevedo

Como retratado nas Figuras 2 e 3, a obtenção da curva normal fica melhor representada a partir dos dados experimentais de 10 fileiras de pregos ao invés de 5, o que pode levar a concluir que também há uma dependência entre a quantidade de fileiras de pregos e a formação da curva da distribuição.

É possível perceber que os dados experimentais encontrados não foram idênticos ao modelo teórico, sendo levado em consideração toda a possibilidade de erros de montagem e de experimentação. No entanto, com 200 lançamentos na Tábua de 10 fileiras pôde ser obtida uma curva semelhante à curva gaussiana, o

que indica que é necessária uma maior quantidade de bolas para uma melhor aproximação.

6 CONCLUSÃO E PERSPECTIVA

Este TCC apresenta a Tábua de Galton, a qual pode ser utilizada no ensino de disciplinas como Física Estatística, Física Moderna, Laboratório ou Instrumentação de Ensino de Física, como um experimento que trata dos assuntos de probabilidade e aleatoriedade. Para o ensino médio ela também pode ser aplicável, pois leva ao conhecimento básico acerca de alguns desses temas.

Este protótipo da tábua apresenta uma interdisciplinaridade, pois envolve a Física e a Matemática. Além disso, o objetivo inicial do trabalho, que foi o de obter um experimento de baixo custo e que com ele ainda fosse possível demonstrar a aproximação da formação de uma curva gaussiana, foi atingido. Nesses termos, essa proposta mostra que é possível desenvolver práticas experimentais no ensino de Ciências, fazendo uso de objetos simples.

Como perspectiva, temos a aplicação deste projeto em sala de aula, como pode ser observado no Apêndice A, o qual apresenta um plano de aula para a disciplina de Física no 2º ano do Ensino Médio. Na aplicação desse experimento, primeiro será entregue um questionário, sem que nenhum conhecimento prévio tenha sido abordado ou questionado e, em seguida, deverá ocorrer a atividade de experimentação que contará com a participação de todos os estudantes

Conforme citado anteriormente, os estudantes podem lidar com a experimentação e sugerir ou modificar algumas partes do experimento. A partir daí, um relato de experiência deverá ser escrito por cada um desses estudantes e, posteriormente, teremos a aplicação do questionário final. Desta forma, será possível analisar todas as partes de aplicação: o início com o Questionário Inicial, o meio com o relato da experimentação e a finalização com o Questionário Final.

Temos ainda como perspectiva a utilização deste material no ensino superior, pois como descrito nesse TCC, é possível abordar os conhecimentos descritos aqui em disciplinas experimentais, tais como Física Experimental 1 ou Laboratório de Física Moderna. Com a construção de novos modelos da tábua, podemos ter uma melhora nos resultados e no funcionamento dos protótipos, reduzindo assim os erros experimentais.

Por fim, na área de ensino de Física, estudar fenômenos físicos por meio de um experimento como esse pode abrir olhares e novos rumos quanto à inserção de

experimentos em sala de aula, com o objetivo de que temas com experimentação mais complexas não necessariamente se apresentem inacessíveis no que diz respeito à complexidade ou com valores altos de produção, mas sim que podem ser simples e de baixo valor.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, Priscila Massetto de.; CERDEIRA, F. **O Estudo da distribuição Normal por Galton**. Campinas: Unicamp. 2004. 33 p. Disponível em: https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2004/009637_PriscilaA_Cerdeira_F809_RF.PDF. Acesso em: 16 set 2015.
- BARBOSA, E. F.; GONTIJO, A. F.; SANTOS, F. F. **Inovações pedagógicas em educação profissional: uma experiência de utilização do MP na formação de competências**. Boletim Técnico do Senac, Rio de Janeiro, v. 30, n. 2, maio/ago. 2004.
- BRASIL, Ministério da Educação. **Matriz de Referência ENEM**. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Disponível em: http://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf. Acesso em 20/11/2019.
- BURLANDY, Ednice Oliveira. **Formação de educadores: saberes e competências pertinentes à construção do eixo reflexivo e interdisciplinar**. Acta Científica. Ciências Humanas, v. 2, n. 7, p. 41-47, 2004.
- CRILLY, Tony. **50 Ideias de Matemática Que Você Precisa Conhecer**. Tradução de Helena Torres. São Paulo: Planeta, 2017.
- DANTAS, Carlos A. B. – **Probabilidade: Um Curso Introdutório**. São Paulo: Edusp, 2008.
- DAVIDOVICH, Luiz. **Einstein e a Mecânica Quântica**. Artigo, Universidade Federal do Rio de Janeiro. (2013). Disponível em: <https://www.if.ufrj.br/~ldavid/arquivos/Einstein%20e%20a%20Mecanica%20Quantica%20-%20Ciencia%20e%20Meio%20Ambiente.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.
- FERREIRA, Eric Batista; BASTOS, Rafael Lemos. **07) Ensinando Probabilidade e Números no Ensino Fundamental com o Quincunx**. Revista Brasileira de Educação e Cultura| RBEC| ISSN 2237-3098, n. 18, p. 101-122, 2019.
- GALTON, Francis. **Natural Inheritance**. London: Macmillan & Co, 1889.
- SALGADO-NETO GERALDO; A. SALGADO. **Sir Francis Galton e os extremos superiores da curva normal**, Revista de Ciências Humanas - Florianópolis - Volume 45, Número 1 - p. 223-239 - Abril de 2011.
- HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 11 a Edição. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- LIMA JÚNIOR, Paulo; SILVEIRA, Fernando Lang da. **Discutindo os conceitos de erro e incerteza a partir da tábua de galton com estudantes de graduação: uma contribuição para a incorporação de novas abordagens da metrologia ao ensino de física superior**. Caderno brasileiro de ensino de física. Florianópolis. Vol. 28, n. 2 (ago. 2011), p. 400-422, 2011.

MAGALHÃES, Marcos Nascimento; DE LIMA, Antonio Carlos Pedroso. **Noções de probabilidade e estatística**. Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

MAYRING, P. **Introdução à pesquisa social qualitativa: uma orientação ao pensamento qualitativo**. 2003.

MEMÓRIA, José Maria Pompeu. **Breve História da Estatística**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

MLODINOW, Leonard. **O andar do bêbado: como o acaso determina nossas vidas**. Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 2009.

MORETTIN, Luiz Gonzaga. **Estatística Básica - Volume 1**. 7ª edição. São Paulo: Pearson Makron Books, 1999.

OLIVEIRA, S. A. de.; CAZORLA, I. M. **Ensinando probabilidades no ensino fundamental**. *Educação Matemática em Revista*, n. 24. p. 3-6. 2008.

OVIEDO, Edgar & Murakami, Alice & Sakaguti, ES. (2002). **Modelagem Computacional para Produção e Pesquisa em Avicultura**. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 4. 10.1590/S1516-635X2002000100001.

PERNAMBUCO. 2012. **Parâmetros Curriculares de Matemática para o Ensino Fundamental e Médio**. Disponível em: http://www.educacao.pe.gov.br/portal/upload/galeria/4171/matematica_ef_em.pdf. Acesso em: 28 jun 2020

PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO FÍSICA – LICENCIATURA. UFPE/CAA.2011. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/480971/0/Projeto+Pol%C3%ADtico-Pedag%C3%B3gico+F%C3%ADsica+CAA/8d9d2993-4924-4898-9d24-92c60c8fd54c>. Acesso em: 14 dez 2020.

SANTOS, Geraldino Moura dos; **Conceitos estatísticos no desenvolvimento de metodologias interdisciplinares de ensino**. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2008. 168p.

TEIXEIRA, Ricardo Roberto Plaza; PEREIRA, Riama Gouveia; TAKEUCHI, Margareth Yuri. **A distribuição normal e o Quincunx**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 25, n. 2, p. 340-353, 2008.

VENTURA, P. C. S. et al. **A Metodologia de Projetos como Ferramenta de Pesquisa em um Laboratório de Física, visto como ambiente não formal de aprendizagem**. In: COBENGE, 34., Passo fundo, 2006, p. 1655-1666.

APÊNDICE

Apêndice A- Plano de Aula

TÁBUA DE GALTON

Plano de aula para o 2º ano do Ensino Médio, Disciplina de Física

Preparado por Alana Azevedo

VISÃO GERAL E OBJETIVO

A partir do protótipo da Tábua de Galton, por ser um experimento de baixo custo e que pode ser aplicado para uso em diversas disciplinas e para explicar alguns assuntos de probabilidade e estatística, como média, desvio padrão e variância. O objetivo principal é o de demonstrar a aproximação da formação de uma curva gaussiana e sendo assim é possível trabalhar os tipos de curvas e suas características.

PARÂMETROS CURRICULARES DA EDUCAÇÃO BÁSICA DE PERNAMBUCO:

1. Discutir intuitivamente probabilidade, utilizando palavras como certo, provável, pouco provável, igualmente provável e impossível.
2. Identificar situações do cotidiano dos estudantes nas quais a probabilidade é empregada.
3. Calcular e interpretar medidas de dispersão (amplitude, desvio médio, variância e desvio padrão) para um conjunto de dados numéricos não agrupados.
4. Determinar a probabilidade de ocorrência de um evento, explorando representações diversas.

OBJETIVOS

1. Discutir os conceitos presentes no experimento.

2. Associar com o cotidiano.
3. Calcular desvio padrão, média e variância.
4. Fazer alterações no experimento que levem a novos resultados.

MATERIAIS NECESSÁRIOS

1. Protótipo da Tábua de Galton.
2. Questionários.

VERIFICAÇÃO

1. Questionário Inicial.
2. Observação do interesse na experimentação e aplicação do relato.
3. Questionário Final.

ATIVIDADE

Será apresentado o protótipo, sem dizer o nome do mesmo e sem nenhuma aplicação. Após isso, será entregue o questionário inicial disposto logo abaixo. Os alunos devem responder em sala de aula e devolver ao professor com um espaço de tempo de 20 minutos.

1. Questionário Inicial.

Responda sem consulta a nenhum material.

- a) O que é probabilidade?
- b) O que é estatística?
- c) Ao jogar um dado, qual a probabilidade de obtermos um número ímpar voltado para cima?
- d) Em sua vida será necessário utilizar temas como esse?
- e) O que seria esse experimento? Descreva.
- f) É possível estudar algum assunto a partir dele? Se sim, qual?
- g) O que é Média? E Desvio Padrão?
- h) O que é Variância?

Em outro momento, será realizada a aplicação experimental o qual será necessário uma prática de 50 minutos, para que os alunos interajam com o experimento e possam a partir daí estudá-lo e fazer alterações quanto ao número de bolinhas, substituição dos objetos lançados(arroz, feijão, esfera de ferro), retirada de fileiras de pregos, espaçamento entre os pregos e tantos outros que podem ser realizados. Após esta fase ser concluída o professor deverá se utilizar de quantas aulas forem necessárias para que possa aplicar todos os conceitos já citados que podem ser trabalhados, depois será indicado que os alunos construam um relato do experimento e para finalizar será entregue o Questionário Final com as mesmas questões do Inicial, para fins de comparação se houve aprendizado e se os alunos conseguiram compreender boa parte dos conceitos.

2. Questionário Final.

Responda sem consulta a nenhum material.

- a) O que é probabilidade?
- b) O que é estatística?
- c) Ao jogar um dado, qual a probabilidade de obtermos um número ímpar voltado para cima? Explique através de cálculos.
- d) Em sua vida será necessário utilizar temas como esse?
- e) Como funciona esse experimento? Descreva.
- f) É possível estudar algum assunto a partir dele? Se sim, qual?
- g) O que é Média? E Desvio Padrão?
- h) O que é Variância?
- i) Quais alterações você realizou e quais os resultados obtidos após isso?