UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE CONCEITOS DE FÍSICA A PARTIR DO ACELERADOR DE PARTÍCULAS SIRIUS PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

A PROPOSAL FOR TEACHING PHYSICS CONCEPTS FROM THE SIRIUS PARTICULATE ACCELERATOR FOR HIGH SCHOOL STUDENTS

David Kelvin Galindo Gonçalves
david257kelvin@gmail.com

Thiago Vinicius Souza Souto
thiago.souto@pesqueira.ifpe.edu.br

RESUMO

Nesta pesquisa apresentamos uma sequência didática para alunos do ensino médio, voltada para o ensino e aprendizagem de conceitos de Física a partir da compreensão de como o acelerador de partículas Sirius funciona e como ele produz a luz Síncrotron. No decorrer das explicações diversos conceitos de Física que tenham relações com o Sirius são discutidos a partir do tema transversal, dessa forma pretende-se que o aluno se relacione melhor com as aulas aprendendo de maneira significativa através da tendência pedagógica crítica social dos conteúdos. Estas informações serão mediadas a partir de um minicurso, aplicado de maneira online ou presencial, fazendo-se uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC). A preparação desse material ocorreu principalmente através da participação na III Escola Sirius para Professores do Ensino Médio (ESPEM), promovida pelo Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), em que está localizado o acelerador. Visando estimular a participação dos participantes no minicurso foi implementado uma estratégia gamificação em que os alunos vão obtendo pontos no decorrer de todo o minicurso e final recebem prêmios. Por fim, é necessário ressaltar a importância do professor estar sempre atualizando-se no uso TDIC e procurando contextualizar o ensino de conceitos científicos a partir da relação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) para tornar a aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Ensino de Física, Acelerador de Partículas Sirius, Luz Síncrotron, CTSA, Gamificação no Ensino Médio.

ABSTRACT

In this research we present a sequence for high school students, focused on teaching and learning physics concepts from the understanding of how the Sirius particle accelerator works and how it produces Synchrotron light. During the explanations, several concepts in Physics that are related to Sirius are discussed from the transversal theme, thus, it is intended that the student better relate to the classes by learning in a meaningful way through the social critical pedagogical tendency of the contents . This information will be mediated from a short course, applied online or in person, using digital information and communication technologies, The preparation of this material takes place mainly through participation in the III Sirius School for High School Teachers, promoted by the National Center for Research in Energy and Materials, where the accelerator is located. Aiming to encourage the participation of participants in the short course, a gamification strategy was implemented in which students earn points throughout the short course and final prizes. Finally, it is necessary to emphasize the importance of the teacher being always up-to-date in the use of and seeking to contextualize the teaching of scientific concepts from the Science, Technology, Society and Environment (STSE) relationship to make learning learning.

Keywords: Teaching Physics, Sirius Particle Accelerator, Synchrotron Light, STSE, Gamification in high school.

Instituto Federal de Pernambuco (IFPE). Campus Pesqueira. Curso de Licenciatura em Física.
Artigo submetido em 10 de agosto de 2021 e aprovado em 20 de agosto de 2021.

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO MEDIA E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
CAMPUS PESQUEIRA

Coordenação do curso de Licenciatura em Física

ATA DE DEFESA DE TCC DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA DO INSTITUTO DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO – *CAMPUS* PESQUEIRA

Às dezessete horas do dia dez do mês de agosto do ano de 2021 em ambiente remoto na forma de Web Conferência através do Google Meet compareceram para defesa pública do **TCC**, requisito obrigatório para a obtenção do título de Graduação em Licenciatura em Física o aluno **David Kelvin Galindo Gonçalves,** tendo como título do TCC: **"Uma proposta para o ensino de conceitos de física a partir do acelerador de partículas Sirius em um contexto de aulas remotas para o ensino médio"**. Constituíram a Banca Examinadora: **Prof. Me. Thiago Vinicius Sousa Souto** (orientador), **Profa. Dra. Andreza Maria de Lima, Prof. Dr. Pedro Henrique Avelino de Andrade e Prof. Me. Oberlan da Silva** (demais examinadores- IFPE). Após a apresentação e as observações dos membros da banca avaliadora, ficou definido que o trabalho foi atribuído a NOTA: ***9,2***, resultado da média entre a nota atribuída a sua apresentação oral e a nota atribuída ao texto do artigo produzido.

gov.br Documento assinado digitalmente
Thiago Vininicius Sousa Souto
Data: 11/08/2021 08:45:46-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Docente-orientador: **Prof. Me. Thiago Vinicius Sousa Souto**

gov.br Documento assinado digitalmente
Andreza Maria de Lima
Data: 12/08/2021 15:54:55-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Examinadora 2: **Profa. Dra. Andreza Maria de Lima**

gov.br Documento assinado digitalmente
Pedro Henrique Avelino de Andrade
Data: 12/08/2021 17:34:42-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Examinador 3: **Prof. Dr. Pedro Henrique Avelino de Andrade**

gov.br Documento assinado digitalmente
Oberlan da Silva
Data: 11/08/2021 18:55:44-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Examinador 4: **Prof. Me. Oberlan da Silva**

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA PERNAMBUCO

Pesqueira, 10 de agosto de 2021.

1. INTRODUÇÃO

Discutir o ensino da Física na educação básica, requer a princípio uma reflexão sobre os propósitos a que a educação se propõe, normalmente o ensino de Física no ensino médio, é resumido ao aprendizado de teorias e fórmulas matemáticas, dessa forma, muitos alunos mostram-se desmotivados e desinteressados, não adquirindo um aprendizado satisfatório em vários casos (PERNOMIAN, 2013).

Buscando minimizar tais empasses, a concepção de ensino e aprendizagem que norteou o planejamento da sequência didática foi, a tendência pedagógica crítico-social dos conteúdos, pois ela busca a difusão e reflexão de conteúdos de maneira concreta e aplicável na realidade social dos alunos, em que prioriza o papel transformador da escola na sociedade (LUCKESI, 1999).

Destacamos que a formação continuada de professores deve ser encarada como uma necessidade, devido às constantes evoluções do mundo atual, o professor precisa atualizar-se e buscar ferramentas de ensino para motivar a aprendizagem (SOUZA; CAL, 2020). No sentido de propor uma alternativa que auxilie o ensino de conceitos de Física no ensino médio, surge esta proposta de sequência de ensino e aprendizagem, que tem como tema transversal o acelerador de partículas Sirius.

O acelerador de partículas Sirius, sediado em Campinas/SP, é uma das mais complexas obras de infraestrutura científica do Brasil. Este equipamento funciona como um “grande microscópio” que produz um tipo especial de luz, chamada Síncrotron ou radiação Síncrotron. Essa luz é utilizada para conhecer a composição da matéria. No Sirius ocorrem pesquisas acadêmicas e industriais contribuindo para a solução de grandes desafios científicos e tecnológicos, como novos medicamentos, novos fertilizantes, fontes renováveis de energia, etc. (LNSL, 2019).

Diante do exposto procuramos responder a seguinte pergunta de pesquisa: Como ensinar conceitos de Física, a partir do acelerador de partículas Sirius, abordando as relações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (CTSA)?

O objetivo desta proposta de ensino é desenvolver uma sequência didática em formato de minicurso, para o ensino e aprendizagem de conceitos de Física como: (Ondas eletromagnéticas, campo eletrico e magnetico, estrutura atômica, astronomia entre outros), para alunos do 3º ano do Ensino Médio, a partir da temática do acelerador de partículas Sirius e a Luz Síncrotron que é o foco das aulas, de modo a favorecer a discussão da relação CTSA utilizando as Ferramentas de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) para mediar o ensino em um contexto de aulas remotas devido à pandemia de Covid-19. Entretanto esta proposta de ensino também pode ser aplicada de modo conjunto, (presencial e online).

A escolha da temática Acelerador Sirius e Luz Síncrotron, se deu por acreditar que, mostrar a importância da pesquisa com luz Síncrotron para o desenvolvimento de diversas tecnologias presentes no cotidiano pode funcionar como uma saída para a falta de participação encontrada nas aulas de ciências da natureza (SOUZA; CAL, 2020). Também a escolha desta da temática busca reconhecer a relevância da

Instituto Federal de Pernambuco (IFPE). Campus Pesqueira. Curso de Licenciatura em Física.
Artigo submetido em 10 de agosto de 2021 e aprovado em 20 de agosto de 2021.

ciência brasileira, a qual pode oferecer subsídios à aprendizagem e possibilita discussões relevantes, em que o conhecimento deixa de ser abstrato, focado em aspectos matemáticos, e passa a ser aplicável e presente na vida do aluno.

Espera-se que, esta contextualização possa melhorar a compreensão dos conceitos científicos, tornando a aula mais significativa, pois a aprendizagem significativa ocorre quando o aprendiz consegue relacionar o que ele está aprendendo com algum aspecto do seu cotidiano (TAVARES, 2010).

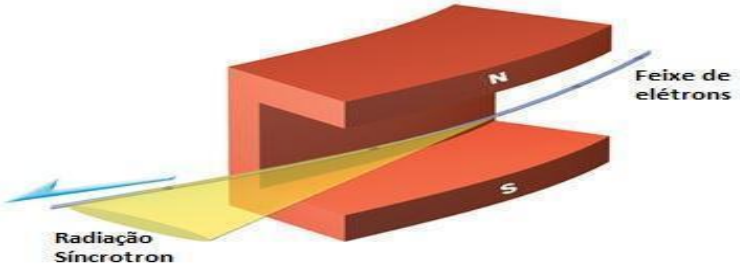
Por fim, este minicurso pretende atrair a atenção dos alunos através da curiosidade, do conhecimento significante, das aplicações práticas e de uma variedade metódica mediada pela tecnologia e da ludicidade de um sistema de pontuação gamificado. A gamificação na educação é tendência promissora no ensino atual, podendo integrar diversos benefícios para professores e alunos, tornar o aprendizado mais interativo, construtivo e de fácil assimilação. Infelizmente, são poucos professores que usam a gamificação em suas aulas (TOLOMEI, 2017). Pensando em estimular sua aplicação, este minicurso também usa a gamificação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Luz Síncrotron e possíveis utilizações.

A luz Síncrotron[1] é uma radiação eletromagnética liberada basicamente quando o elétron é acelerado, em velocidade próximas da luz dentro de uma trajetória curvilínea mantida através de eletroímãs, nesse processo a radiação Síncrotron é emitida na tangente do feixe de elétrons na forma de fótons. observe a figura 1.

Figura 1 – Radiação Síncrotron sendo produzida



Fonte: Johann Eduardo (2014)

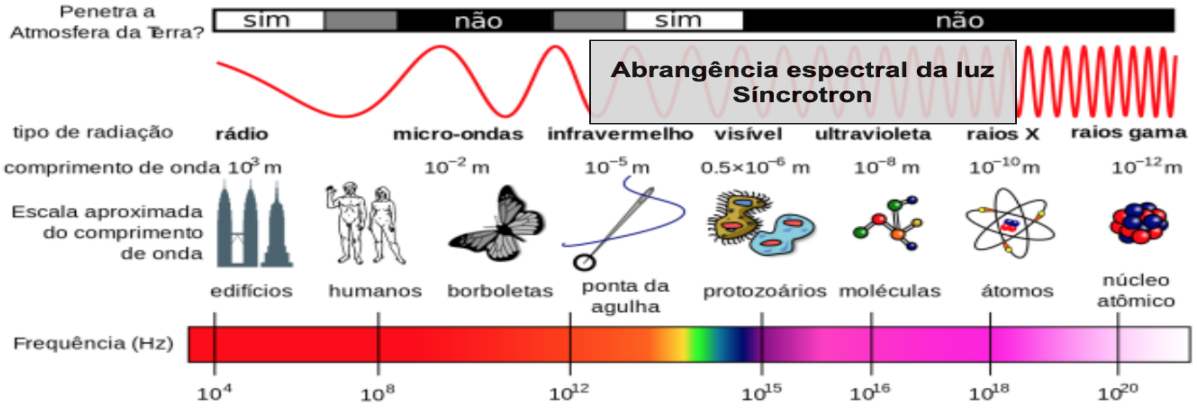
A luz Síncrotron foi observada pela primeira vez por pesquisadores da empresa estadunidense General Electric que construíram um equipamento para acelerar partículas, e em 24 de abril de 1947, quando estavam fazendo alguns experimentos observaram um brilhante feixe de luz que recebeu o nome de luz Síncrotron, esta luz já tinha sido prevista teoricamente anteriormente (SANTOS, 2013). Desde os anos 1960 esta radiação vem sendo utilizada no estudo de diversos materiais em níveis molecular e atômico. No Brasil sua utilização remonta aos anos 90 (CNPEM, 2014).

[1] Utilizaremos a expressão "luz" Síncrotron para designar a radiação eletromagnética que abrange o comprimento de onda do infravermelho até os raios x, características da "luz" Síncrotron. O termo “luz” pode ser substituído por “radiação”.

Instituto Federal de Pernambuco (IFPE). Campus Pesqueira. Curso de Licenciatura em Física.
Artigo submetido em 10 de agosto de 2021 e aprovado em 20 de agosto de 2021.

A luz Síncrotron tem características que faz dela uma ferramenta fundamental no estudo de materiais, algumas das suas características mais promissoras são: intensidade, brilho, focalização, colimação e contraste. Para uma melhor compreensão podemos comparar a luz Síncrotron a um laser extremamente fino. Utilizar um “microscópio eletrônico" com a luz Síncrotron potencializa a observação de estruturas na escala de ångström[2], o que seria impossível utilizando luzes convencionais usadas em casas por exemplo. A abrangência espectral da luz Síncrotron vai do infravermelho até o raios-X, isso torna essa luz muito versátil uma vez que tem larga aplicação. (CNPEM, 2014) e (ALMEIDA, 2019). Na Figura 2, a seguir, verifica-se o espectro eletromagnético e algumas de suas aplicações.

Figura 2 - Espectro Eletromagnético



Fonte: Souto (2018. modificado)

A luz Síncrotron auxilia os pesquisadores a compreender a natureza, esta luz tem aplicações em várias áreas do conhecimento científico e tecnológico, como, engenharia dos materiais, nanotecnologia, medicina, petróleo e etc. (CNPEM, 2014). Já houve vários prêmios Nobel baseados na luz Síncrotron, o Nobel mais recente foi de Química de 2009, em que os cientistas revelaram a estrutura do ribossomo que faz leitura do DNA (ALMEIDA, 2019).

2.2. A produção da luz Síncrotron e o acelerador de partículas Sirius

Para obter a luz Síncrotron é necessário que elétrons atinjam velocidades próximas à da luz, para tal utiliza-se aceleradores de partículas. O Brasil é referência mundial nesse setor e possui um dos mais avançados aceleradores de partículas de luz Síncrotron, chamado de Sirius, nome da estrela mais brilhante do céu.

O projeto Sirius exigiu alta tecnologia, da parte civil até todos os componentes do acelerador e linhas de luz, onde sua grande maioria cerca de 85% foram fabricados no Brasil. Com um orçamento de quase 2 bilhões de reais financiado pelo Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação (ALMEIDA, 2019).

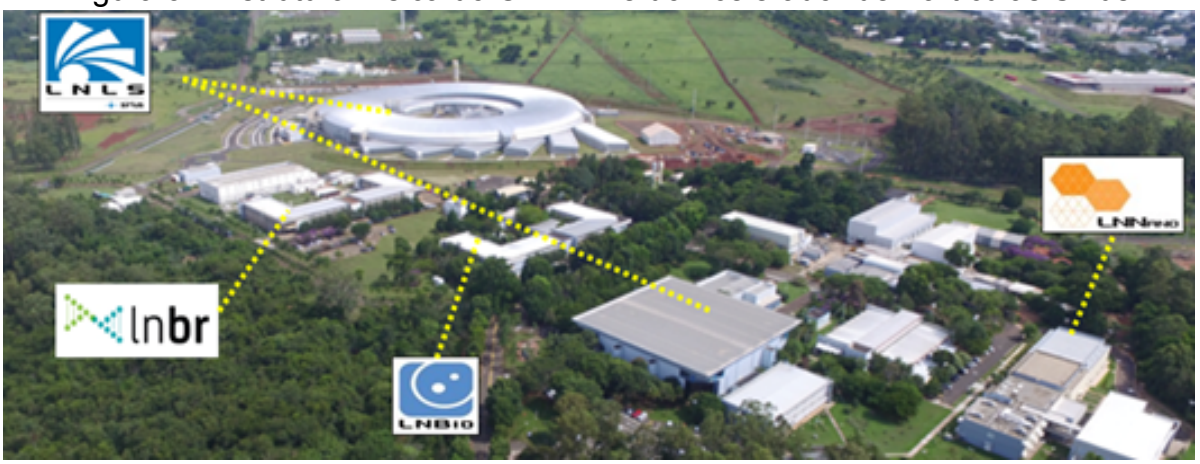
O Sirius está localizado em Campinas/SP, integrando o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), onde também estão os seguintes

[2] ångström é uma unidade de medida de comprimento equivalente 10^{-10} m, homenagem ao físico Anders Jonas Ångström do século XIX

Artigo submetido em 10 de agosto de 2021 e aprovado em 20 de agosto de 2021.

centros de pesquisas: a) Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), responsável pela operação acelerador Sirius; b) Laboratório Nacional de Biociências (LNBio), se dedica à pesquisa e inovação com foco na criação de medicamentos; c) Laboratório Nacional de Biorenováveis (LNBR), visa, reduzindo os impactos ambientais, beneficiando setores de energia, transporte, indústria e agricultura; d) Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano), busca atender às necessidades das mais diversas áreas da científica e tecnológica. Observe na Figura 3, o Sirius e as instalações do CNPEM (CNPEM, 2018).

Figura 3 – Estrutura Física do CNPEM e do Acelerador de Partículas Sirius



Fonte: CNPEM (2018)

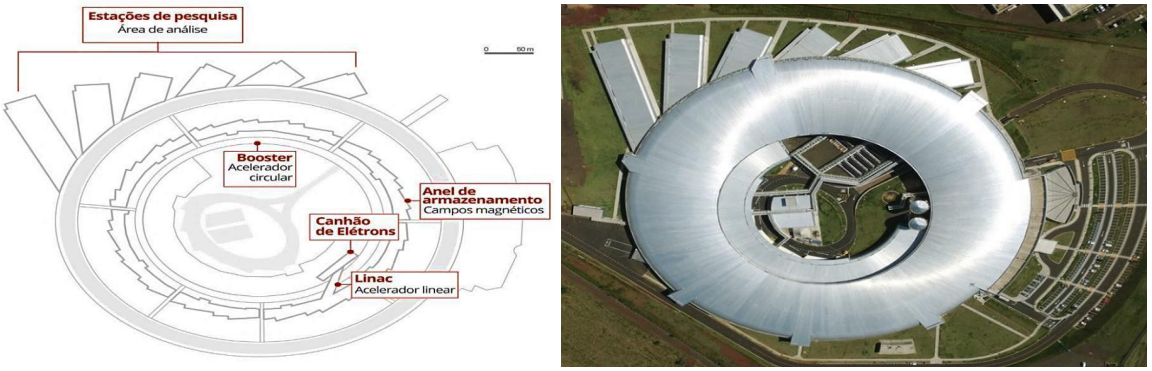
O CNPEM tem sua origem por volta de 1981 onde desenvolveu seus laboratórios e o acelerador de partículas 2ª geração UVX[3]. Em 2013 deu-se início a construção do novo acelerador de partículas, o Sirius, no ano de 2017 as obras civis alcançaram 75% de conclusão, com a execução bem sucedida da fase mais crítica da construção: O piso especial, precisaria ser extremamente estável e plano. Entrou em operação no final de 2019 e em 2021 já contava com dezesseis estações de pesquisas em funcionamento. Entretanto, sua estrutura de 4ª geração tem capacidade para abrigar até trinta e oito linhas de luz. (LNLS, 2019).

O acelerador de partículas Sirius funciona basicamente da seguinte forma: Os elétrons são extraídos de um metal aquecido no vácuo há altíssimas temperaturas e atingem a energia aproximada de 90 keV, isto é feito no (Canhão de Elétron). Esses elétrons são injetados no acelerador linear, (Linac), capaz de acelerar os elétrons a velocidade próxima à da luz com energia de até 150 MeV. Depois essas partículas são injetadas no anel de aceleração (Booster), que aumenta a energia dos elétrons até 3 GeV por meio de campos magnéticos provindos de eletroímãs. Logo após são transferidos para o anel de armazenamento (Storage), o feixe de elétrons é mantido em órbita, em que tem sua trajetória desviada por campos magnéticos, "forçando-os a produzir luz Síncrotron" que é emitida tangencialmente à trajetória dos elétrons. Após isso esta radiação é filtrada e mandada para as linhas de luz, estas estações de pesquisas são montadas em torno do anel de armazenamento onde são realizadas as análises dos materiais. (LNLS, 2019). Observe a Figura 4.

[3] A sigla UVX representa a abrangência especial (Ultravioleta, luz visível e raios X) do acelerador de partículas de luz Síncrotron UVX. (CNPEM, 2014).

Artigo submetido em 10 de agosto de 2021 e aprovado em 20 de agosto de 2021.

Figura 4 – Esquema do acelerador de partículas Sirius



Fonte: LNLS (2019)

2.3. Relação entre Ciência - Tecnologia - Sociedade - Ambiente (CTSA).

A relação CTSA torna-se cada vez mais útil na busca de equilíbrio social e ambiental, o desenvolvimento tem afetado a sociedade de maneira positiva em sua maioria, entretanto não podemos deixar de mencionar que a tecnologia quando mal usada causa enormes problemas sociais, relacionados à segurança, saúde, pobreza, meio ambiente e etc. Tentando minimizar estes empecilhos que debates envolvendo a CTSA tem se intensificado nos últimos anos (CREMASCO, 2017).

Observando a revista do CNPEM (2018), notamos o compromisso que o mesmo tem com a sociedade e meio ambiente, podemos citar por exemplo, o Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano), que busca soluções e estuda efeitos de nanomateriais nos organismos vivos, como gases e metais produzidos por processos industriais e veículos (CNPEM, 2018).

O objetivo da educação da CTSA no ensino médio é auxiliar o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis e sustentáveis (SANTOS; MORTIMER, 2002). É nesse sentido que se faz necessária a compreensão e aplicação da ciência e tecnologia nacional e sua importância para a sociedade, dessa maneira ensinar Física enfatizando tal aspecto pode ajudar no processo de compreensão e conscientização dos alunos.

2.4. Proposta de ensino no contexto das aulas remotas e presenciais

Este minicurso pode ser desenvolvido modo conjunto (presencial e remoto) ou de modo totalmente remoto, em razão da suspensão das aulas presenciais por conta da necessidade de distanciamento social devido a pandemia de Covid-19, a qual “obrigou” a educação passar por mudanças significativas, em que alunos e professores tiverem que se adaptar rapidamente para tais transformações, o que trouxe vários desafios para ambos, (CORDEIRO, 2020).

O ensino remoto é todo conteúdo disponibilizado online, acompanhado em tempo real pelo professor que disponibiliza materiais e atividades, seguindo cronogramas adaptáveis do ensino tradicional. Na prática este ensino se deu através de plataformas virtuais online que proporciona interações entre professores e alunos através de áudios, vídeos, chats e compartilhamento de tela, etc. (JÚNIOR, 2020).

Artigo submetido em 10 de agosto de 2021 e aprovado em 20 de agosto de 2021.

O ensino remoto tem suas vantagens e desvantagens. Algumas vantagens são: Compartilhamento de conteúdos instantâneos; Menos impactos ao meio ambiente relacionando a impressões de atividades; Flexibilidade de horários das aulas e atividades, etc. Existem também desvantagens como: Perda de contato físico com os colegas; Distrações do lar; Queda de conexão com a internet; Falta de equipamentos eletrônicos, como computador ou smartphone, etc. (JÚNIOR, 2020).

O ensino presencial também tem suas vantagens e desvantagens. Algumas vantagens são: experiências multissensoriais entre alunos e professores; Dinamismo no contato social; Evita distrações do lar; Acompanhamento mais próximo dos alunos, etc. As desvantagens são: Estudante precisa seguir o ritmo do professor; Horário fixo; Não visualização posterior do conteúdo como quando é gravado; Necessidade de deslocamento até a escola, etc. (CORDEIRO, 2020).

O ensino remoto foi criado em caráter especial e quando bem estruturado é possível aprender bastante, porém não substitui totalmente as aulas presenciais, estar e aprender com colegas em um relacionamento presencial é imprescindível para desenvolvimento do cidadão. Usar a modalidade presencial ou remota vai depender do contexto e circunstâncias do momento, além da análise das vantagens e desvantagens (CORDEIRO, 2020). Visando atender as duas modalidades, a proposta de ensino aqui apresentada pode ser desenvolvida presencial ou remota.

2.5. Panorama situacional das aulas de Física

É imprescindível que o professor desenvolva métodos práticos que facilitem a aprendizagem, pois aulas conceituais, muitas vezes sem aplicação concreta, torna-se irrelevantes para a maioria dos alunos (REIS, 2013).

Então como resolver este problema? Como melhorar o interesse dos alunos nas aulas de física? O que usar para tornar as aulas atrativas? Como transmitir os conceitos matemáticos da física sem que a aula se torne cansativa? Essas são algumas perguntas que vários professores de física fazem a si mesmo, nitidamente não são perguntas fáceis de se responder, tão poucos problemas simples de se solucionar. Entretanto, é no sentido de tentar minimizar esses empecilhos presentes em várias salas de aulas na atualidade, e mostrar uma alternativa para ensinar alguns temas de Física, que surgiu essa proposta auxiliar de ensino.

Um dos propósitos deste trabalho é mostrar para o leitor, principalmente o professor de Física do ensino médio, uma alternativa ao ensino voltada para o entendimento do funcionamento e aplicações de uma tecnologia, neste caso o acelerador Sirius. Nesta abordagem será estudado temas físicos nele envolvidos, como: (Ondas eletromagnéticas, campo eletrico e magnetico, estrutura atômica, astronomia entre outros). Entretanto, pode ser usado este mesmo princípio para ensinar outros temas físicos a partir da explicação do funcionamento de outras tecnologias, em que a tecnologia deve o foco e a Física nela presente é ensinada de maneira transversal, desse modo a Física em questão é embasada em parâmetro concreto, o que pode facilitar seu entendimento e aplicação agregando valor ao conhecimento físico e facilitando seu aprendizado (SILVA, 2012).

Artigo submetido em 10 de agosto de 2021 e aprovado em 20 de agosto de 2021.

Essa sequência didática pode ser implementada para alunos do ensino médio em geral como forma de introdução à Física, entretanto é recomendado que seja para alunos do 3º ano do ensino médio, onde o professor pode usar esta proposta como introdução aos temas de (ondas eletromagnéticas, campo eletrico e magnetico, estrutura atômica, astronomia entre outros), ou com revisão deles.

Apesar da proposta de ensino deste trabalho busca trazer um método diferenciado, entretanto, é importante ressaltar a importância do ensino tradicional, pois ele traz resultados e é importante para o ensino, além de ser mais prático para o professor. Porém, o método tradicional tem os seus pontos negativos, como a retenção do conhecimento, participação da turma e etc., que pode não ser tão eficiente em alguns casos. Montar aulas experimentais ou aplicada a uma tecnologia como o descrito neste artigo não é simples e rápido, como os professores de escolas públicas lidam muitas vezes com várias turmas e carga horária elevada, isso faz com que aplicar métodos diferenciados nem sempre seja possível (SILVA, 2012).

Mais apesar de tudo o professor precisar fazer um balanço, pois passar o ano todo no método tradicional pode não trazer a uma aprendizagem significante, então é necessário o desenvolvimento de algumas aulas diferenciadas de modo a quebrar a rotina das aulas tradicionais e propiciar uma aprendizagem aplicável que tenha relação com o cotidiano do aluno, não ficando apenas um teorias e aspectos matemáticos. Os cálculos na Física são importantes para compreensão e previsão dos fenômenos, mas não precisa ser o foco exclusivo do ensino de Física, mostrar os resultados da Física pode facilitar sua compreensão (SILVA, 2012, REIS, 2013).

A sequência didática para as aulas desta proposta de ensino é baseada na tendência crítico-social dos conteúdos com o objetivo de abordar os conceitos de Física e suas aplicações. A tendência crítico social dos conteúdos ou também conhecida como Pedagogia Histórica-crítica, surgiu com a publicação do livro Democratização da Escola Pública: a pedagogia crítico social dos conteúdos, de autoria Libâneo. Ele propõe uma teoria pedagógica a partir da compreensão de nossa realidade sociocultural, permitindo ao aluno receber conteúdos que estão adequados à realidade vivida por ele, a fim de tornar possível o papel da educação no processo de transformação social. O professor dentro da escola nessa tendência tem papel mediador entre experiências e conteúdos (LUCKESI, 1999).

2.6. Teoria da aprendizagem significativa

A proposta de ensino deste artigo se baseia na aprendizagem significativa Ausubel. Para Ausubel a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação ancora-se em conceitos que já existem na mente do aprendiz, essa nova informação torna-se uma subsunção para gerar novos significados na estrutura cognitiva do aluno (TAVARES, 2010). Em física, por exemplo, e os fenômenos naturais já existem na estrutura cognitiva do aprendiz, eles servem de subsunçores para novas informações referentes a esses conceitos.

O conhecimento prévio do aluno pode ser o fator que mais influencia no seu aprendizado (TAVARES, 2010). Desta forma esta proposta busca valorizar e resgatar o conhecimento prévio, sobretudo associando os assuntos estudados com

Artigo submetido em 10 de agosto de 2021 e aprovado em 20 de agosto de 2021.

aspectos presentes no cotidiano, buscando o armazenamento das informações na estrutura cognitiva permanente do aluno. Só aprendemos aquilo que consideramos relevantes, este é outro ponto chave da aprendizagem significativa (KIEFER, 2013).

Compreender como o aluno aprende, pode nortear o professor a criar aulas adequadas à realidade dos aprendizes, desse modo os mesmos podem assimilar melhor os conteúdos (KIEFER, 2013). O professor precisa conhecer cada um de seus alunos, seu modo de viver, cultura, religião, sonhos, medos, desejos, dúvidas e etc. Com tais informações ele pode criar e transmitir aulas de modo a satisfazer esses anseios tornando o conteúdo significativo na vida dos alunos.

Em contraste com a aprendizagem significativa, Ausubel apresenta o conceito de aprendizagem mecânica ou automática, que ocorre quando adquire-se novas informações com pouca conexão com conceitos existentes na estrutura cognitiva, assim não há interação entre o novo e o já armazenado, desse modo essa nova informação tende a permanecer por pouco tempo (KIEFER, 2013). Um exemplo de aprendizagem automática em Física é a memorização de fórmulas, leis e conceitos, sem estabelecer relações entre eles e o cotidiano do aluno. Para minimizar tais problemas é interessante fazer uso da teoria da aprendizagem significativa.

3. METODOLOGIA

3.1. A proposta do minicurso

A escolha da temática Acelerador Sirius e Luz Síncrotron, ocorreu por acreditar que, mostrar a relevância da ciência brasileira para o desenvolvimento tecnológico e social pode facilitar a aprendizagem e possibilitar discussões relevantes, buscando um conhecimento menos abstrato e mais presente na vida do aluno.

A proposta basicamente é mostrar como o acelerador de luz Síncrotron funciona e no decorrer das explicações diversos conceitos de Física que tenham relações com o Sirius são discutidos de forma contextualizada, para alunos do ensino médio, preferencialmente para o 3º ano, usando como tema transversal o acelerador de partículas Sirius e suas relações CTSA. Observe que este método é “diferente” do que geralmente é usado nas aulas, em que há grande ênfase nos conceitos físicos formais como cálculos e teorias e só no final ou em poucos momentos identificam-se algumas aplicações (REIS, 2013).

O minicurso foi desenvolvido para ser ministrado em 08 dias corridos, com 05 encontros síncronos ou aulas presenciais cada um com aproximadamente uma hora de duração. Sendo composto também por atividades assíncronas como: Realização dos desafios, que soma um total de 03 horas. Atividades de recuperação “Restart[4]” com aproximadamente 05 horas de realização. E 02 horas para o desafio final, totalizando 15 horas-aulas de minicurso. Para a aplicação no modo totalmente remoto, é interessante que os encontro ao vivo ocorra no período da noite.

[4] Restart traduzido do inglês “Reiniciar”, termo usado nos jogos para recomeçar um determinado nível, dando outra chance ao usuário para conseguir pontos e passar para a próxima fase.

Artigo submetido em 10 de agosto de 2021 e aprovado em 20 de agosto de 2021.

O número de participantes esperado é de cerca de vinte e cinco pessoas. Esse minicurso foi projetado para ser desenvolvido de modo conjunto (presencial e online), ou de maneira totalmente remota através de videoconferência com o auxílio do aplicativo Google Meet, (disponível para computadores e celulares) que permite reuniões online em vídeo, com recursos de compartilhamento de tela, chat, etc.

3.2. Coleta de informações para a construção do minicurso.

A preparação do material para o minicurso foi feita em duas etapas:

A primeira foi uma pesquisa bibliográfica, com duração de cerca de 120 horas, realizada através de análise de artigos científicos, livros e revistas exclusivamente sobre o acelerador Sirius e a luz Síncrotron, entre outros materiais relacionados. Também houve pesquisa em sites do CNPEM, na internet em geral bem como em vídeos do YouTube. Ocorreu participação no Dia Internacional da Luz que foi celebrado pelo CNPEM e o MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações), na ocasião foi possível ver algumas instalações do Sirius com a visita virtual.

A segunda coleta de informações para o minicurso ocorreu depois das pesquisas bibliográficas anteriormente descritas, e se deu através da participação da III Escola Sirius para Professores do Ensino Médio (III ESPEM[5]), promovida pelo próprio CNPEM, que ocorreu desta vez em formato virtual, online, com 40 horas de duração. A programação contou com diversos temas: a) A luz Síncrotron e suas aplicações; b) O funcionamento do Sirius; c) A Física por trás dos aceleradores de partículas; d) O funcionamento dos laboratórios nacionais; e) Sequências didáticas para o ensino de radiação Síncrotron nas escolas; f) Força-tarefa LNBio COVID-19; g) Novas estratégias para imunoterapia de câncer, entre várias outros temas.

Ocorreu também visitas virtuais aos prédios do CNPEM, e também interações entre os participantes e os palestrantes da ESPEM o que fortificou ainda mais o aprendizado. Todas essas informações foram fundamentais para agregar conhecimento ao minicurso aqui proposto, diretamente dos membros do próprio CNPEM. A realização da ESPEM, foi motivada pela identificação da necessidade de investimento na formação continuada de professores buscando discutir temas de Física moderna e contemporânea de maneira transversal através do acelerador Sirius (ACIOLY, 2021). Uma educação centrada na participação dos alunos no processo de ensino e aprendizagem, torna-os capazes de entender, atuar e julgar conscientemente os avanços tecnológicos no seu meio social (REIS, 2013).

3.3. O minicurso e a sequência de preparação

Durante o minicurso serão usados diversas ferramentas como: vídeos explicativos; animações para melhor visualização dos fenômenos; aplicativos visando a participação prática dos alunos; simuladores de experimentos para melhor demonstração; sites educacionais de atividades para interação dos alunos e colhimento de dados; seção de perguntas e respostas no chat e através de áudios,

[5] Para mais informações sobre a ESPEM acesse o link: <https://pages.cnpem.br/espem/> e na tese de Acioly (2021).

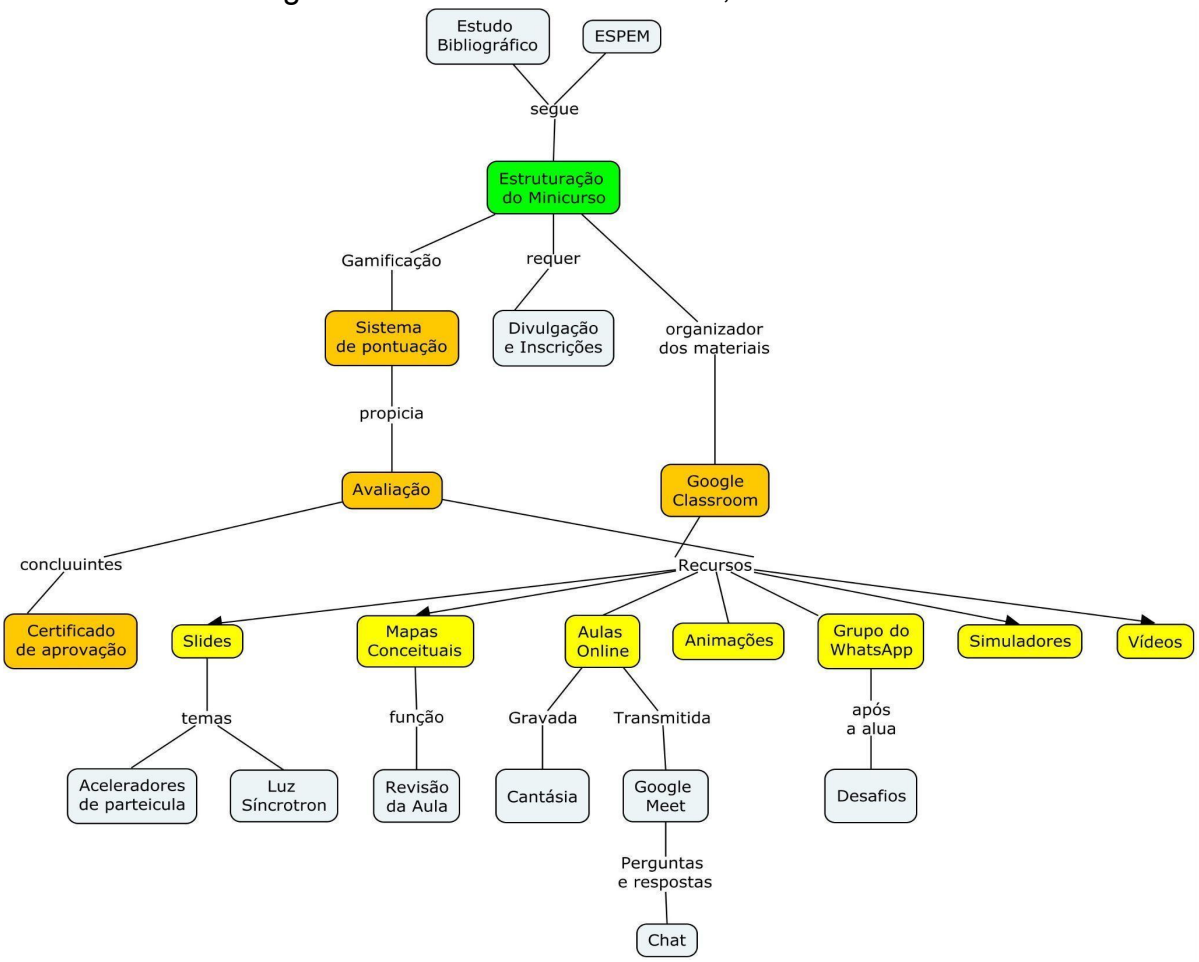
Artigo submetido em 10 de agosto de 2021 e aprovado em 20 de agosto de 2021.

vídeo e texto, debates durante as aulas visando interações e construção do conhecimento; realização de diversos desafios realizados de forma assíncrona e etc.

Para melhor organização da sequência das aulas foi criado um cronograma[6] que contêm de forma detalhada o que vai ocorrer em cada dia do minicurso. Este arquivo é útil para visualização dos conteúdos e acompanhamento do minicurso. Também foi criando um arquivo contendo os temas da Física e Relações CTSA[7] que serão abordadas neste minicurso.

Todas as ferramentas foram implementadas buscando a criação de uma metodologia diversificada e interativa, pois o minicurso aplicado de forma totalmente online pode ocorrer uma maior facilidade de dispersão da atenção dos alunos devido à falta de interação humana presencial (NASCIMENTO, 2020). A figura 5 em formato de mapa conceitual resume a estrutura do minicurso.

Figura 5 - Estrutura do minicurso, formato online



Fonte: Próprio (2021)

[6] Confira o cronograma no link: <https://docs.google.com/document/d/1hQ3Y3XTmD5WCzgqwPD1KmF7OBtTAWn0r/edit?usp=sharing&ouid=117321596843278174190&rtpof=true&sd=true>

[7] Confira os temas da Física e Relações CTSA do minicurso no link: <https://docs.google.com/document/d/1gzOZyszU_DCocl1nsv7vQxW1nXrhC01U/edit?usp=sharing&ouid=117321596843278174190&rtpof=true&sd=true>

3.4. Inscrições dos alunos e forma de ministrar as aulas

Antes do início das aulas do minicurso é preciso selecionar os estudantes, isto pode ser feito através de divulgação por meio de postes nas redes sociais da escola a qual será realizado tais intervenções, isto se o minicurso for desenvolvido em formato totalmente online/remoto. No formato conjunto, (presencial e online), deve-se realizar também divulgações locais nas salas de aulas.

O professor pode optar por realizar este minicurso de maneira de ensino efetivo, ministrando o minicurso em cada uma das suas turmas de Física do 3º ano do ensino médio por exemplo, isto no modo totalmente online do minicurso ou no modo conjunto, (presencial e online). Outra maneira a qual pode ser realizado o minicurso é o extra escolar não obrigatório, nesse caso o professor disponibilizará uma certa quantidade de vagas, recomendado em torno de 25, e de todas as suas turmas do 3º ano do ensino médio por exemplo, apenas os primeiros 25 primeiros alunos que se inscreveram participaram do minicurso, isto no modo remoto ou no modo conjunto. Cabe ao professor analisar as vantagens e desvantagens dessas duas possibilidades, (para todos ou para os mais interessados).

As inscrições devem ser realizadas através de um breve questionário online, onde será colhido algumas informações como: Nome, idade, sexo, telefone, e-mail, materia preferida e materia com mais dificuldade. Em seguida, esses participantes serão direcionados para o grupo de WhatsApp[8] e para Google Classroom onde receberam as demais orientações do minicurso.

O minicurso aqui mencionado foi projetado para ser desenvolvido de modo totalmente remoto/online ou de forma conjunta (presencial e remoto/online), esses dois modos são bem parecidos nesta proposta. O minicurso pode ser dividido em duas partes, conteúdos: síncronos (aulas) e assíncronos (Desafios de Recuperação “Restart”, tudo que não é feito durante a aula). Independentemente do modo que for utilizado para ministrar as aulas desse minicurso totalmente remoto/online ou de forma conjunta (presencial e remoto/online), a parte assíncrona não sofre alterações sendo desenvolvida no Google Classroom. O que muda é a parte síncronos (aulas), que pode ser ministrada remotamente ou presencialmente.

Para ministrar o minicurso de modo totalmente remoto/online basta realizar os encontros síncronos (aulas) de maneira remoto/online através Google Meet ou similar, e passar os conteúdos assíncronos (Desafios de Recuperação “Restart”, tudo que não é feito durante a aula) no Google Classroom. Para ministrar o minicurso de modo conjunta, (presencial e remoto/online), basta apenas realizar os encontros síncronos (aulas) de modo presencial, em sala de aula ou auditório, com os mesmos slides e ferramentas usados no modo totalmente remoto/online a parte assíncrona também deve ser realizado no Google Classroom onde também deve ser publicado os slides e vídeos usada nas aulas, além das atividades relacionadas a gamificação, às quais os alunos realizaram através de seus celulares e mandam para o professor nesse ambiente. Isto ficará mais claro na seção 4.

[8] WhatsApp é um aplicativo de mensagens instantâneas para smartphones, os usuários podem enviar também imagens, vídeos e documentos em PDF e etc.

Artigo submetido em 10 de agosto de 2021 e aprovado em 20 de agosto de 2021.

4. RESULTADOS

4.1. Organização dos materiais do minicurso

A montagem dos conteúdos assíncronos (Desafios de Recuperação “Restart”, tudo que não é feito durante a aula e também os slides e vídeos usada nas aulas) foram alocados em blocos, dentro do Google Classroom, que chamamos de "dia" para melhor visualização e aproveitando as ferramentas que a plataforma oferece, o que pode ajudar alunos e professores nos processos de ensino e aprendizagem.

A proposta é começar o primeiro tema na *segunda-feira*, em que teremos, além das interações feitas no decorrer das aulas, desafios para serem feitos e entregues no dia seguinte. Na *terça-feira*, deve-se discutir os desafios ao iniciar a aula síncrona, remota ou presencial do segundo tema e no fim passar os próximos desafios para o dia seguinte. Na *quarta-feira* e *quinta-feira* segue o mesmo procedimento do dia anterior. Já na *sexta-feira* a aula será assíncrona, (online), em que os alunos devem realizar os desafios de recuperação de pontos “Restart”. No final de semana os estudantes devem preparar o desafio final.

No oitavo dia, *segunda-feira* será o último dia do minicurso em que devem ocorrer as apresentações do desafio final, apresentação do último tema e a divulgação do resultado final da pontuação dos alunos na gamificação, a qual será descrita na seção 4.2. Da seção 4.3 a 4.8 será descrito mais detalhadamente os conteúdos que serão ministrados em cada dia do minicurso.

4.2. Sistema de pontos gamificado

O conceito de Gamificação é aplicar diversos mecanismos relacionados a pontuação e interação semelhante aos jogos em contextos do ensino. O objetivo é despertar a curiosidade dos usuários, aumentar o engajamento criando um ambiente de disputa saudável, além dos desafios e missões propostos nos jogos, as recompensas também são itens cruciais para o sucesso desta estratégia. Esta prática tem ganhado muito espaço e vem sendo inserida em escolas, empresas, aplicativos, livros e etc. (SAE, 2019) e (TOLOMEI, 2017).

Os seres humanos sentem-se atraídos por jogos, sejam eles eletrônicos ou físicos. A satisfação de participar, acumular pontos e ganhar prêmios pode trazer boas sensações. O processo de ensino e aprendizagem vem sofrendo mudanças nos últimos anos, principalmente pelos avanços tecnológicos, sobre tudo a internet e os celulares smartphones. Como os estudantes atuais são “nativos digitais”, a utilização da gamificação na educação oferece vantagens no processo de ensino e aprendizagem, podendo contribuir para o interesse dos estudantes em sala, o que pode melhorar a interação social e participação dos alunos, desenvolvimento de criatividade, retenção do conteúdo, estimulando a resolução de problemas e etc. (SAE, 2019) e (TOLOMEI, 2017).

Como forma de avaliação deste minicurso foi criado um sistema de pontos gamificado que recebeu o nome de (Game Start Sirius), construído no Microsoft

Excel[9]. O sistema de pontos gamificado deve ser apresentado para os alunos no primeiro dia de aula, e ele funciona basicamente da seguinte maneira: os alunos vão obtendo pontos no decorrer de todo o minicurso pelas diversas interações realizadas não só durante as aulas síncronas, remotas ou presenciais, mas também fora delas nas atividades assíncronas, onlines. Os desafios devem ser publicados no grupo no Whatsapp ou no Google Classroom, é nesses canais que os alunos devem interagir compartilhando seus resultados.

Cada dia os alunos vão recebendo pontos pelas interações, desafios, atividades, debates, uso de aplicativos indicados, áudios produzidos, vídeos debatidos, textos produzidos, seminários desenvolvidos e etc.

Na figura 6 estão descritos os pontos relacionados a cada atividade de cada um dos dias. No primeiro dia *segunda-feira* observe que é possível atingir até 220 pontos caso o aluno realize todas as atividades, no segundo dia do minicurso 175 pontos é o total possível, na *quarta-feira* eles podem chegar até 190 pontos, no quarto dia 215 pontos. Se ao chegar no quarto dia o aluno não tiver atingido entre 600 e 699 pontos, devem fazerem os Rastart, que são desafios para recuperação de pontos, onde é possível obter até 250 pontos, isso ocorrerá na *sexta-feira*, no último dia do minicurso é possível obter até 110 pontos.

Figura 6 – Pontuação da gamificação do minicurso

1º dia - As maiores maquinas de luz.

Nº	Presença 1º	Interação 1 -	Vídeo 1 –	Interação 2	Desafio 1 -	Desafio 2 -	Desafio 3 -	Total
	10	50	15	20	20	35	60	210

2º dia - Luz Síncrotron.

Nº	Presença 2º	Vídeo 2	Interação 3	Interação 4	Interação 5	Desafio 4 -	Desafio 5 -	Total
	20	15	40	20	20	25	35	175

3º dia - A importância do Sirius a da luz Síncrotron para nossa vida.

Nº	Presença 3º	Vídeo 4 –	Interação 6 –	Interação 7 –	Interação 8 –	Interação 9 –	Desafio 6 -	Desafio 7 -	Total
	30	15	15	15	15	30	50	20	190

4º dia - Como tudo funciona.

Nº	Presença 4º	Vídeo 5 –	Interação 10 –	Desafio 8 -	Desafio Final -	Total
	40	15	50	20	90	215

5º dia - Restart

Nº	1º Desafio	2º Desafio	3º Desafio	4º Desafio	5º Desafio	6º Fazer -	7º Fazer 5	8º Fazer 6	Total
	25	30	15	35	15	40	50	40	250

8º dia - Cabana de Luz.

Nº	Presença 8º	Interação 11 –	Interação 12 –	Desafio Extra	Total
	50	15	15	30	110

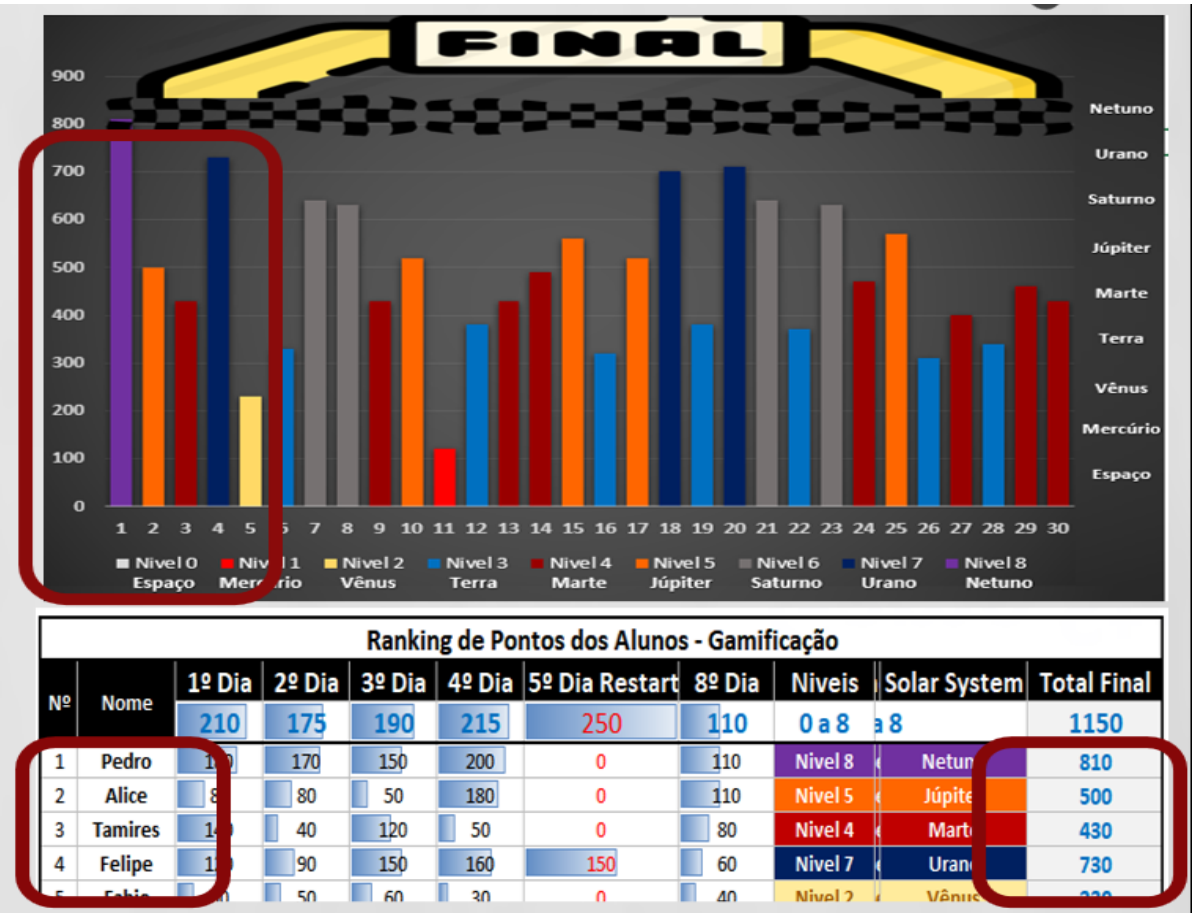
Fonte: Próprio (2021)

[9] O Microsoft Excel é um programa usado para criação de planilhas eletrônicas que contém diversas ferramentas para realização de cálculos e gráficos entre outras finalizadas.

Artigo submetido em 10 de agosto de 2021 e aprovado em 20 de agosto de 2021.

Foi criando um ranking em formato de gráfico e tabela[10], observe a figura 7, a qual contabiliza a pontuação de cada aluno por dia. Cada aluno recebe um número que corresponde a seu nome e está na parte de baixo do gráfico, presente também antes do nome dele na tabela na figura 7, na tabela é possível ver o nível que cada aluno está, os níveis vão de 0 a 8, a cada 100 pontos os alunos sobem de nível, cada nível corresponde a um planeta do sistema solar, isto foi pensado para dinamizar a interação dos alunos com este sistema gamificado.

Figura 7 – Ranking de pontos dos alunos



Ranking de Pontos dos Alunos - Gamificação

Nº	Nome	1º Dia	2º Dia	3º Dia	4º Dia	5º Dia Restart	8º Dia	Niveis	Solar System	Total Final
		210	175	190	215	250	110	0 a 8	a 8	1150
1	Pedro		170	150	200	0	110	Nivel 8	Netun	810
2	Alice		80	50	180	0	110	Nivel 5	Júpite	500
3	Tamires		40	120	50	0	80	Nivel 4	Mart	430
4	Felipe		90	150	160	150	60	Nivel 7	Uran	730
			50	60	30	0	40	Nivel 2	Vênus	

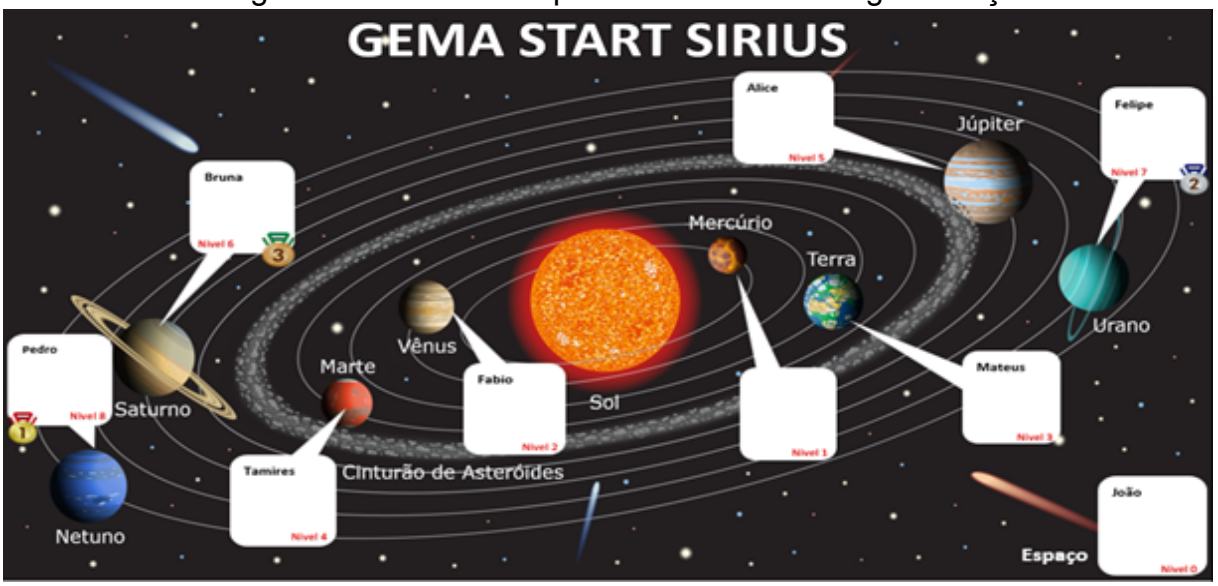
Fonte: Próprio (2021)

Os alunos começam o “jogo” no espaço sideral nível 0, ao atingir 100 pontos passam para o primeiro planeta do sistema solar, Mercúrio, que corresponde ao nível 1. Quando atingirem entre 200 e 299 pontos passam para o segundo planeta, Vênus. Entre 300 e 399 pontos estarão no nível 3, planeta a Terra e assim por diante até atingir o oitavo planeta, Netuno, nível 8. É possível atingir até no máximo 900 pontos nesta gamificação.

Visando construir uma interação mais visual para o Game Start Sirius, foi feito uma espécie de tabuleiro em que é mostrado qual nível e planeta cada aluno está, baseado nas suas pontuações. observe a figura 8.

[10] Para ter acesso ao Ranking gráfico e a tabela individual de pontuação acesse o link: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1DAwPpJx8Ff8qV5DXRq95fkYpJ-5XTO-L/edit?usp=sharing&ouid=117321596843278174190&rtpof=true&sd=true>

Figura 8 – tabuleiro de pontos dos alunos na gamificação



Fonte: Próprio (2021)

Deve ser oferecido recompensas/prêmios para os alunos que cheguem até os últimos três planetas do Sistema Solar: Saturno terceiro colocado, Urano segundo colocado e Netuno primeiro colocado. Isso faz parte do sucesso da gamificação que estimula ainda mais a participação dos alunos. No último dia do minicurso, no final da palestra, deve-se divulgar o resultado final da gamificação.

4.3. Primeiro Dia do Minicurso (segunda-feira): As maiores maquinas de luz

No 1º dia deve-se iniciar a aula síncrona com uma explicação da estrutura geral do minicurso e o sistema de pontuação. Em seguida, com o objetivo de verificar o conhecimento prévio do aluno deve ser proposto um questionário. Logo após deve-se iniciar as explicações dialogadas sobre o funcionamento básico de um acelerador de partículas. Em que será exibido um vídeo mostrando informações sobre o acelerador com objetivo de discutir com os alunos a respeito. No slide, é mostrado as construções das instalações que compõem CNPEM em que também é exibido uma animação da construção do Sirius. Em seguida é mostrado os experimentos realizados com Física de partículas e discussão do questionário anterior para sanar possíveis dúvidas. Para finalizar a apresentação de slide é feito uma revisão dos conteúdos através de mapa conceitual. A aula é finalizada mostrando os desafios para serem entregue na próxima aula, os quais valem ponto.

Para mais informações acesse o 1º plano de aula, disponível no link: <https://docs.google.com/document/d/1aDjs7yE1aqvEVGWtndtmrbPhzD_djK2l/edit?usp=sharing&ouid=117321596843278174190&rtpof=true&sd=true>.

4.4. Segundo Dia do Minicurso (terça-feira): Luz Síncrotron

Nesse dia de aula ao vivo ou presencial, começará com a avaliação dos resultados dos desafios realizados pelos alunos e a exibição da pontuação da

gamificação. Deve ser exibido um vídeo para discussão posterior, mostrando as características do Sirius. Logo após será iniciado o slide com temas relacionados a astronomia, em que para interagir com os alunos será mostrado um aplicativo que simula o céu; nele é possível localizar constelações, estrelas, etc. Continuando a apresentação de slide com temas relacionados à ondulatória e as características da radiação Síncrotron. Será feito algumas interações com os alunos através de perguntas e respostas e exibido animações mostrando o Sirius por dentro. O slide será finalizado mostrando o espectro eletromagnético e suas aplicações práticas, em seguida teremos uma revisão dos conteúdos através de mapa conceitual. A aula é encerrada mostrando os desafios para o dia seguinte.

Para mais informações acesse o 2º plano de aula, nele contém de maneira mais detalhada os assuntos de Física que serão estudados nesta aula bem como suas relações com o tema transversal e aplicações CTSA. disponível no link: <https://docs.google.com/document/d/1MVd5s_da08yOIm1kekuDp4GNoG7c4lLp/edit?usp=sharing&ouid=117321596843278174190&rtpof=true&sd=true>

4.5. Terceiro Dia do Minicurso (quarta-feira): A importância do Sirius a da luz Síncrotron para nossa vida

O terceiro dia de aula remota ou presencial ocorrerá semelhante ao segundo, começando com as discussões das atividades assíncronas realizadas e exibição da pontuação “Game Start Sirius”. Em seguida iniciaram-se a apresentação do slide mostrando as aplicações da Luz Síncrotron fazendo uma relação com a CTSA. Depois será passado um vídeo sobre a radiação Síncrotron para discussão posterior visando interagir com a turma. O restante da apresentação focará basicamente em explicar a Física e suas aplicações na espectroscopia de infravermelho, microscopia eletrônica e espalhamento de raio x, que são algumas formas de experimentação realizada no Sirius. Ao longo da aula deve ser feito algumas interações com os alunos através de perguntas e respostas. Para finalizar o slide será feito uma revisão geral utilizando mapa conceitual. No final do encontro é mostrado os desafios para serem entregue na próxima aula, os quais valem ponto.

Para conhecer o 3º plano de aula acesse o link: <https://docs.google.com/document/d/1w7-nJFE9HIorT5l9XnDGQf7FLoGChHhx/edit?usp=sharing&ouid=117321596843278174190&rtpof=true&sd=true>

4.6. Quarto Dia do Minicurso (quinta-feira): Como tudo funciona

A aula começará comentando os desafios anteriores e exibição da pontuação obtida pelos alunos. A apresentação deve ser iniciada com os seguintes temas: estrutura atômica, campos elétricos e magnéticos. Logo após, deve ocorrer um debate com a turma depois da transmissão de um vídeo mostrando a escala do universo. Em seguida deve retoma a apresentação de slides em que veremos as etapas da produção da luz Síncrotron no acelerador, em que espera-se compreender a física envolvida em alguns componentes importantes do Sirius como: canhão de elétron, acelerador linear, Booster e anel de armazenamento. Após tal apresentação será passado um questionário para os alunos, buscando verificar a retenção de conhecimentos, logo após finalizar, deve ser feito um debate sobre o mesmo para sanar possíveis dúvidas. Um mapa conceitual será usado para finalizar

Artigo submetido em 10 de agosto de 2021 e aprovado em 20 de agosto de 2021.

o conteúdo passado. A aula é encerrada mostrando os próximos atividades assíncronas que serão os desafios e o desafio final, que será a preparação de seminários pelos alunos que serão apresentados no último dia do minicurso.

Veja de forma mais clara a sequência desta aula no seu plano no link abaixo, o qual contém os links para todos os demais arquivos desta aula:
<https://docs.google.com/document/d/1IcyIzu5ELfuG7fLFL12dwQErLGWog2z3/edit?usp=sharing&ouid=117321596843278174190&rtpof=true&sd=true>

4.7. Dias cinco, seis e sete (sexta, sábado e domingo)

Não terá encontro presencial ou remoto na *sexta-feira*, a aula será assíncrono, feita a distância. No período da noite o professor deve passar os desafios “Restart” para recuperação de pontos, as interações ocorreram no grupo de Whatsapp e no Google Classroom. Os sete Restart estarão relacionados com as aplicações do Sirius na CTSA bem com a Física envolvida neste acelerador de partículas.

Para o final de semana os alunos serão divididos em 4 grupos os quais devem se organizar para fazer a preparação do material para os seminários, as apresentações ocorreram na *segunda-feira*. O objetivo dos seminários é fazer com que os alunos pesquisem sobre o Sirius e suas aplicações na CTSA, bem como as contribuições da Física de partículas e as ondas eletromagnéticas para o desenvolvimento da sociedade, além de incentivar a participação e o trabalho em equipe possibilitando uma interação entre o grupo e o professor. A divulgação da pontuação que os alunos obtiveram nos Restart só deve ser feita na divulgação do resultado final da gamificação na última aula do minicurso.

Para mais detalhes veja o 5º plano de aula no link:
<https://docs.google.com/document/d/1TfrItkoFfi_31xJyn3fojhIhUThq3AuC/edit?usp=sharing&ouid=117321596843278174190&rtpof=true&sd=true>

4.8. Oitavo e Último Dia do Minicurso (segunda-feira): Cabana de Luz

Nesse último dia de minicurso será realizado logo no início apresentação pelos alunos dos 4 seminários, em que servirá para debates e verificar a compreensão dos assuntos. Em seguida ocorrerá a apresentação de slide sobre o funcionamento das Linhas de Luz, Monocromadores, Relações CTSA, o que o Sirius já fez para o Brasil, e por fim veremos um pouco da ESPEM. No decorrer da apresentação ocorrerão algumas interação com os alunos. Também deve ser comentado os Restart realizados na sexta-feira. Para finalizar a apresentação deve ocorrer uma revisão geral de todo o conteúdo passado em todos os dias do minicurso através dos mapas conceituais. Por fim, deve ser feita a divulgação dos resultados finais do sistema de pontos Game Start Sirius, e assim o minicurso é finalizado.

O 6º plano de aula disponível no link:
<https://docs.google.com/document/d/1EekaxzmDvKKVEWhrQcS1rbvK85p---Ba/edit?usp=sharing&ouid=117321596843278174190&rtpof=true&sd=true>

Para ter acesso a todos os arquivos e materiais do minicurso acesse o link:
<https://drive.google.com/drive/folders/16DxBQPrwi2VkOSxMU_ddmmVayrboHB_T?usp=sharing>

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta do minicurso deste projeto percorreu um caminho intenso, tudo foi pensado de forma a produzir um material relevante relacionado ao ensino da Física de maneira diferenciada a partir do acelerador partículas Sirius, em que também é feito a divulgação científica da ciência brasileira desenvolvida no CNPEM, pois quando se fala em ciência de ponta muitos alunos acham que só os Estados Unidos, e alguns países europeus e asiáticos é que as desenvolvem.

Todas as etapas da construção do minicurso foram desenvolvidas de modo a dar abrangência e clareza nas informações a serem passadas, desde a criação da sequência cronológica, planos de aulas, slide, sistema de pontuação Game Start Sirius, a organização dos materiais no Google Classroom e todos os demais conteúdos foram idealizado visando favorecer o envolvimento e interação nas aulas, onde a gamificação pode ser um diferencial nestes aspectos. Estão disponíveis neste trabalho os links para todos os arquivos que compõem o minicurso, de maneira que qualquer professor de Física que deseje aplicá-lo em suas turmas, possa fazer uso deste material dando os devidos créditos ao autor deste artigo.

Os objetivos propostos (que foram a criação do minicurso, para o ensino de alguns conceitos de Física para alunos do Ensino Médio, a partir da temática do acelerador de partículas Sirius e suas relações CTSA utilizando as TDIC) foram alcançados! Evidentemente sempre há possibilidades para melhora, como o aperfeiçoamento dos slides das aulas, em que pode ter ficado faltando algum conceito. Preparar uma proposta simplificada e prática de assuntos relacionados a Física de Quântica, Eletromagnetismo, Relatividade entre outras áreas, não é nada fácil, por se tratar de temas tidos muitas vezes como abstratos por vários alunos.

É cabível mencionar que esta sequência didática busca o amadurecimento do pensamento científico dos estudantes, levando-os a refletir e debater, construindo uma aprendizagem mais significante. Entretanto, só é possível verificar se tais pontos foram atingidos com a aplicação desde minicurso em turmas do ensino médio. E este é o próximo passo a ser seguido pelo autor, onde a partir da aplicação será possível verificar o que deu certo e o que deu não deu, e assim fazer os ajustes necessários. É por este motivo que ressaltamos nossa intenção de ofertar o minicurso e assim validar as estratégias apresentadas em um contexto real de ensino com turma do 3º ano do ensino médio.

Não posso deixar de mencionar a importância da participação da Escola Sirius para Professores do Ensino Médio (ESPEM), promovidas CNPEM, ela foi fundamental para compreender o funcionamento do acelerador Sirius e a Física nele envolvida, tais conteúdos foram fundamentais na preparação do minicurso.

O estudo e a preparação desta proposta de ensino mostrou a importância do professor, está sempre buscando novos métodos de aprendizagem, compreender que antes de ir para a prática é indispensável um bom planejamento, material e organizacional, tendo em vista a qualidade das aulas, buscando sempre despertar nos alunos a capacidade de construir um entendimento claro, simples e aplicável da Física ao meio em que vivem.

Instituto Federal de Pernambuco (IFPE). Campus Pesqueira. Curso de Licenciatura em Física.
Artigo submetido em 10 de agosto de 2021 e aprovado em 20 de agosto de 2021.

REFERÊNCIAS

ACIOLY, Vitor. **A Luz Síncrotron na formação de professores do ensino médio**. Tese de Doutorado em Ensino de Física - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

ALMEIDA, Raquel de Silva. **Os Principais Aceleradores de Partículas:** Um relato histórico da busca por altas energias**.** TCC de Física - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/8383> Acesso em: 18 junho 2021.

CORDEIRO, K. M. A. **O Impacto da Pandemia na Educação**: A utilização da Tecnologia como Ferramenta de Ensino. Artigo, São Paulo, 2020.

CNPEM - A. **Por dentro do CNPEM:** O novo acelerador de elétrons brasileiro. Revista Sirius - Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais, Campinas 2018. Disponível em: <http://cnpem.br/wp-content/uploads/2018/08/POR-DENTRO-DO-CNPEM-01_2018_download.pdf> Acesso em: 29 junho 2021.

CNPEM - B. **Projeto Sirius:** A nova fonte de luz Síncrotron brasileira. Livro Projeto Sirius - Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais, Campinas, 2014. Disponível em: <http://www.lnls.cnpem.br/wp-content/uploads/2016/08/Livro-do-Projeto-Sirius-2014.pdf> Acesso em: 22 junho 2021.

CREMASCO**,** Patrícia Regina Pedro. **Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.** Um olhar a partir de algumas pesquisas. Artigo Científico - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Paraná, 2017. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/40952/pdf> Acessado em: 19 junho 2021.

FADEL, Luciane Maria; ULBRICHT, Vania Ribas; BATISTA, Claudia Regina; VANZIN, Tarcísio. **Gamificação na Educação**. Livro - Primeira Cultura, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.pgcl.uenf.br/arquivos/gamificacao_na_educacao_011120181605.pdf> Acessado em: 28 julho 2021.

FRANCO, Giullya. **Como Usar O Google Classroom**. Artigo, 2020. Disponível em: <https://educador.brasilescola.uol.com.br/estrategias-ensino/como-usar-o-google-classroom.htm> Acessado em: 04 agosto 2021.

JÚNIOR, Francisco Pessoa de Paiva. **Ensino Remoto em Debate**. Livro, ed. 1, PARÁ, 2020. Disponível em: <https://portal.ifma.edu.br/wp-content/uploads/2020/12/ENSINO-REMOTO-EM-DEBATE-digital-2-1.pdf>. Acesso em: 19 julho 2021.

KIEFER, Neci Iolanda Schwanz. **Ensino da Física e Aprendizagem Significativa**: Roteiro para a elaboração de uma aula. Dissertação - Universidade Tecnológica

Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, 2013. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1457> Acessado em: 05 agosto 2021.

LUCKESI, Cipriano Carlos - **Filosofia da Educação.** Livro - Editora Cortez, São Paulo 1999. Disponível em: <https://docplayer.com.br/5797029-Filosofia-da-educacao.html> Acessado em: 05 agosto 2021.

LNLS. **Uma Construção Única.** Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, Campinas, 2019. Disponível em: <https://www.lnls.cnpem.br/Sirius/uma-construcao-unica/> Acessado em: 05 julho 2021.

MARCONI, Marina de Andrade Marconi; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. Livro, ed. 5, São Paulo, 2003. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india> Acessado em: 02 agosto 2021.

NASCIMENTO, Leonilda da Silva. **Aulas Remotas no Ensino de Física em Tempos de Isolamento Social**, Artigo Científico, Roraima, 2020. Disponível em: <https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2020/article/view/1317> Acessado em: 11 junho 2021.

PERNOMIAN, Marcia Regina. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**. Aplicações das leis de Newton em nosso cotidiano. Cadernos PDE, v.1, Paraná, 2013. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_uem_fis_artigo_marcia_regina_pernomian.pdf> Acessado em: 28 junho 2021.

REIS, Elival Martins - **Atividades experimentais: uma estratégia para o ensino da Física**. Cadernos Intersaberes - Universidade Federal do Amazonas, v. 1, p.38-56, Amazonas, 2013.

SAE, Digital. **Gamificação na educação:** o que é e como pode ser aplicada. Artigo, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://sae.digital/gamificacao-na-educacao/> Acessado em: 28 julho 2021.

SANTOS, Alberto Carlos dos. **Luz Síncrotron, o que é isso?**: Ciência hoje. Artigo - Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/coluna/luz-Síncrotron-o-que-e-isso>. Acesso em: 07 junho 2021.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) no contexto da educação brasileira.** Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 2, p.110-132, Belo Horizonte, 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/282716932> Acessado em: 23 julho 2021.

SILVA, Boniek Venceslau da Cruz. **História e filosofia da ciência como subsídio para elaborar estratégias didáticas em sala de aula:** Um relato de experiência em

sala de aula. Revista Ciência e Ideias, v.3, p. 01-15, Piauí 2012. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/reci/article/viewFile/78/139> Acessado em: 30 junho 2021.

SOUZA, Rafaelle da Silva; CAL, Taneska Santana. **Radiação Síncrotron no Brasil e a Tecnologia no Ensino de Física:** Algumas propostas. Artigo Científico - Instituto Federal da Bahia. Bahia, 2020.

SOUTO, Ana Lucia. **O espectro eletromagnético**, ressaltando características e aplicações das ondas que o compõem. Artigo BNCC Ciências - A Khan Academy. Estados Unidos, 2018.Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/9-ano/materia-e-energia-as-ondas/ondas-eletromagneticas/a/o-espectro-eletromagnetico> Acessado em: 02 agosto 2021.

TAVARES, Romero. **Aprendizagem Significativa e o Ensino de Física**, Artigo Científico - UFPB, João Pessoa, 2010. Disponível em: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/ReuniaoTrabalhosAcademicos.pdf> Acessado em 04 agosto 2021.

TOLOMEI, Bianca Vargas. **A Gamificação como Estratégia de Engajamento e Motivação na Educação.** Artigo Científico - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://eademfoco.cecierj.edu.br/index.php/Revista/article/view/440> Acessado em: 28 julho 2021.

Artigo submetido em 10 de agosto de 2021 e aprovado em 20 de agosto de 2021.