

UMA ABORDAGEM NO ENSINO MÉDIO SOBRE CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO

A HIGH SCHOOL APPROACH TO ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS

Ciências Exatas e da Terra • 13/10/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/791864838](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/791864838)

Gilmar Alves Silva¹

Rochelle Gomes Souza²

Evandro da Silva Pereira³

Benedita Muniz Mendonça⁴

RESUMO

O Sol, principal fonte de energia para a Terra, apresenta variabilidade associada ao ciclo solar de aproximadamente 11 anos e a eventos transientes como flares e Ejeções de Massa Coronal – CMEs. Quando partículas e radiação de uma explosão solar atingem a magnetosfera terrestre, ocorrem perturbações no campo geomagnético e no campo elétrico atmosférico. Para investigar esses efeitos, foram utilizados dados de magnetômetro fluxgate e sensor de campo elétrico atmosférico da Estação de Física Espacial Cauamé - EFEC, localizada em Boa Vista-RR (2,82° N; -60,57° W). Este trabalho relata uma intervenção pedagógica no 3º ano do Ensino Médio, onde dados da EFEC foram usados para compartilhar conceitos de campo elétrico e magnético. A análise conjunta dos gráficos de campo elétrico e geomagnético permitiu aos estudantes relacionar fenômenos astronômicos com grandezas físicas medidas localmente. Os resultados indicam maior engajamento, desenvolvimento de habilidades de leitura de gráficos e apropriação de conceitos, demonstrando o potencial da Física no contexto para o ensino de Eletromagnetismo.

Palavras-chave: Ensino de Física; Campo Eletromagnético; Instrumentação em Física.

ABSTRACT

The Sun, the main source of energy for the Earth, presents variability associated with the solar cycle of approximately 11 years and with transient events such as flares and Coronal Mass Ejections – CMEs. When particles and radiation from a solar explosion reach the Earth's magnetosphere, disturbances occur in the geomagnetic field and in the atmospheric electric field. To investigate these effects, data from a fluxgate magnetometer and an atmospheric electric field sensor from the Cauamé Space Physics Station - EFEC,

located in Boa Vista-RR (2.82° N; -60.57° W), were used. This work reports a pedagogical intervention in the 3rd year of High School, where EFEC data were used to teach concepts of electric and magnetic fields. The joint analysis of the electric and geomagnetic field graphs allowed students to relate astronomical phenomena to physical quantities measured locally. The results indicate greater engagement, development of graph reading skills and appropriation of concepts, demonstrating the potential of Physics in context for teaching Electromagnetism.

Keywords: Physics Teaching; Electromagnetic Field; Instrumentation in Physics.

1. INTRODUÇÃO

O Sol é o astro dominante do Sistema Solar e sua atividade regula o que hoje chamamos de "clima espacial", ou seja, o conjunto de condições no espaço interplanetário que afeta diretamente a Terra, seus sistemas tecnológicos e a própria vida (Tsuboi; Chian, 2009). Diferentemente de uma estrela calma e constante, o Sol apresenta uma variabilidade intrínseca associada ao seu ciclo magnético de aproximadamente 11 anos, descoberto por Heinrich Schwabe em 1843, e a eventos transientes de curta duração e alta energia. Os principais eventos são os flares solares - explosões intensas de radiação eletromagnética - e as Ejeções de Massa Coronal (CMEs - Coronal Mass Ejections). Uma CME pode ejetar até 10^{12} kg de plasma magnetizado a velocidades que variam de 300 a 3000 km/s. Quando esse material, altamente condutor, atinge a Terra em um intervalo de 1 a 3 dias, ele comprime a magnetosfera terrestre no lado diurno e estica sua cauda no lado noturno, induzindo sistemas de correntes elétricas que alteram de forma significativa a intensidade do campo geomagnético e do campo elétrico atmosférico medidos em

superfície (Alves; Silva; Camara, 2015). Historicamente, o estudo do magnetismo terrestre remonta a William Gilbert (1540-1603). Em sua obra seminal *De Magnete* (1600), Gilbert, médico da Rainha Elizabeth I, propôs pela primeira vez, a partir de experimentos com uma esfera de magnetita chamada *terrella*, que a própria Terra seria um grande ímã, refutando a ideia aristotélica de que uma estrela polar atraía as agulhas das bússolas. Seu trabalho é considerado o primeiro tratado experimental da física moderna (Krause; Rädler, 1980). Atualmente, a origem do campo geomagnético principal, que corresponde a cerca de 95% do campo total medido na superfície, é explicada pela teoria do dínamo hidromagnético. Movimentos convectivos do ferro líquido no núcleo externo da Terra, associados à rotação planetária (força de Coriolis), convertem energia mecânica em energia magnética, mantendo um campo aproximadamente dipolar que nos protege da radiação solar e cósmica (Merrill; McElhinny; McFadden, 1996). Paralelamente, o estudo do campo elétrico atmosférico ganhou corpo com os cruzeiros do navio Carnegie (1909-1929), operado pelo Instituto Carnegie de Washington. Em uma época sem interferência eletromagnética humana nos oceanos, o navio, construído quase inteiramente de materiais não magnéticos, realizou medições contínuas do gradiente de potencial atmosférico em condição de "tempo bom" (*fair weather*). Essas medições revelaram uma variação diurna universal com máximo por volta das 19h UT, hoje chamada de Curva de Carnegie (Harrison, 2013). Essa curva é mantida pelo "Circuito Elétrico Global" (GEC), um modelo onde tempestades elétricas em todo o planeta - cerca de 1000 tempestades simultâneas e 44 relâmpagos por segundo - funcionam como geradores que carregam a ionosfera a aproximadamente +250 kV em relação ao solo (Rycroft et al., 2008). A Estação de Física Espacial Cauamé da Universidade Federal de Roraima (EFEC-UFRR) monitora

continuamente essas duas grandezas. Localizada em Boa Vista-RR (2,82° N; -60,57° W), uma região de baixa latitude magnética, sob o Eletrojato Equatorial, a estação oferece uma oportunidade única para conectar o conteúdo abstrato de Eletromagnetismo do 3º ano do Ensino Médio com pesquisa científica de ponta feita no próprio estado de Roraima. Este trabalho relata uma intervenção pedagógica realizada no Instituto Federal de Roraima (IFRR) em 2025.

2. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA PEDAGÓGICA

No 3º ano do Ensino Médio, os estudantes enfrentam simultaneamente a pressão do vestibular, do ENEM e a escolha profissional. Neste contexto, a Física é frequentemente percebida como uma disciplina excessivamente matematizada, descontextualizada e sem aplicação prática imediata. Pesquisas na área de Ensino de Física apontam que o uso de dados autênticos de pesquisa pode aumentar drasticamente a relevância percebida da disciplina e despertar vocações científicas, especialmente em regiões periféricas do país (Borges, 2002; Richetti, 2015). Professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) Polo 38-UFRR propuseram o uso de dados da EFEC nas aulas de campo elétrico e magnético. A proposta foi aceita por professores de Física do IFRR Campus Boa Vista. Dessa forma, a abordagem contextualizada busca atingir três objetivos centrais: Desmistificar a Física como "não só cálculo": Mostrar que a Física é, antes de tudo, uma ciência experimental de leitura da natureza. O gráfico não é um exercício do livro, é a Terra respirando. Desenvolver letramento científico a partir de dados reais: Conforme a BNCC, desenvolver as competências EM13CNT301 (elaborar e interpretar gráficos) e EM13CNT302 (comunicar resultados de investigações). Ler V/m e nT é

tão importante quanto calcular $F=qE$. Aproximar a escola da universidade e da pesquisa feita em Roraima: Quebrar a lógica de que ciência de ponta só é feita no Sul-Sudeste ou na NASA. A ciência está sendo feita aqui, em Boa Vista, com sensores construídos e mantidos por alunos e professores locais. Esta justificativa se alinha diretamente à teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003), que defende que o fator mais importante para a aprendizagem é o que o aluno já sabe. Ao usar um evento solar real que afetou o celular, o GPS e a internet, criamos um subsunçor relevante.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Aprendizagem Significativa e Organizadores Prévios

Para Ausubel (2003), a aprendizagem é significativa quando um novo conhecimento se relaciona de forma não arbitrária e substantiva com a estrutura cognitiva do aprendiz. Moreira (2011) destaca que, no ensino de Eletromagnetismo, muitos alunos possuem subsunçores inadequados, como a ideia de que "campo" é apenas uma fórmula. O uso da Curva de Carnegie e do conceito de "tempo bom" vs "tempo perturbado" funciona como um organizador prévio comparativo, que permite ancorar a diferença entre $E \approx 120 \text{ V/m}$ e $E = -430 \text{ V/m}$. Vygotsky (2007) complementa essa visão ao introduzir o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). O questionário aplicado em duplas, com alunos de maior e menor rendimento, não é apenas uma avaliação, mas um instrumento de mediação. O aluno tenta responder sozinho o que significa -430 V/m e, ao errar, fica pronto para receber a explicação do colega mais capaz e do professor. Sem esse conflito cognitivo, não há aprendizagem.

3.2. Física Espacial na Educação Básica

O estudo do Clima Espacial tem sido recomendado pela NASA e pela ONU como tema transversal. No Brasil, os trabalhos de Abdu (2005) sobre a ionosfera equatorial e de Alves et al. (2015) sobre tempestades geomagnéticas mostram que o território brasileiro, por estar sobre a Anomalia Magnética do Atlântico Sul, é um laboratório natural privilegiado.

4. METODOLOGIA E INSTRUMENTAÇÃO

Considerando esta pesquisa como quantitativa com elementos qualitativos, de natureza aplicada e descritiva, a metodologia está de acordo com a teoria de aprendizagem significativa (Silva; Nascimento; Silva, 2021).

4.1. Locus e Sujeitos

A sequência didática foi aplicada em uma turma de 26 alunos do 3º ano do Ensino Médio Técnico Integrado em Informática do IFRR, com idades entre 17 e 19 anos, no primeiro bimestre de 2025. Após obter o diagnóstico prévio dos alunos por meio de um questionário sobre conceitos de eletrostática (Lei de Coulomb, conceito de campo, linhas de campo), foram formadas 13 duplas de estudo com os estudantes que obtiveram maior e menor nota, na perspectiva vygotskyana de tutoria entre pares.

4.2. Sequência Didática

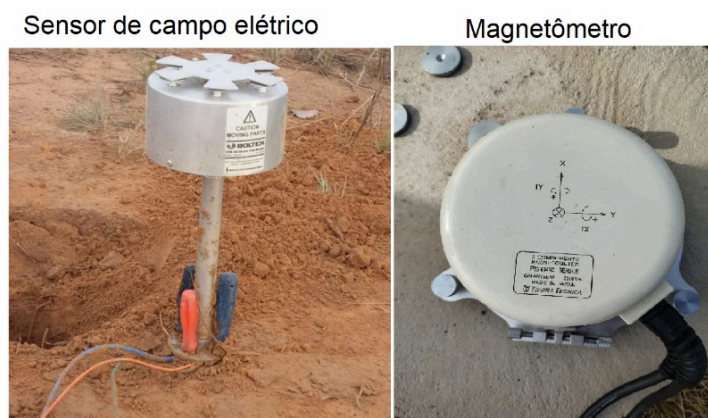
Foi elaborada uma sequência didática de 4 aulas de 55 minutos cada, divididas em: Aulas 1 e 2 (Campo Elétrico): Conceito de campo elétrico $E=F/q$, unidades V/m e N/C, potencial elétrico e Circuito

Elétrico Global.Aulas 3 e 4 (Campo Magnético): Conceito de campo magnético terrestre, componentes H, D, Z, tempestades geomagnéticas e índice Dst.

4.3. Instrumentação da EFEC

A instrumentação consiste em dois instrumentos principais (Figura 1): Sensor de Campo Elétrico Atmosférico (E-field Mill): Modelo CS110 da Campbell Scientific. Mede o gradiente de potencial entre o solo e a atmosfera de -2000 V/m a +2000 V/m, com resolução de 1 V/m. Instalado a 2m de altura, em local sem obstruções. Magnetômetro Fluxgate: Modelo MAG-303. Mede as três componentes do campo geomagnético com resolução de 0,1 nT e taxa de amostragem de 1 Hz. Instalado em abrigo termicamente estável e magneticamente limpo. Dos instrumentos foram coletados dados de 6 dias: de 1 a 6 de março de 2024. Este período foi escolhido pois ocorreu uma tempestade geomagnética de classe G2 (moderada) com $K_p=6$, originada de uma CME halo ocorrida em 28 de fevereiro. Portanto, a ideia central foi estudar na sala de aula um evento que realmente ocorreu no Sol e foi medido em Boa Vista.

Figura 1. Instrumentos de coleta de dados.

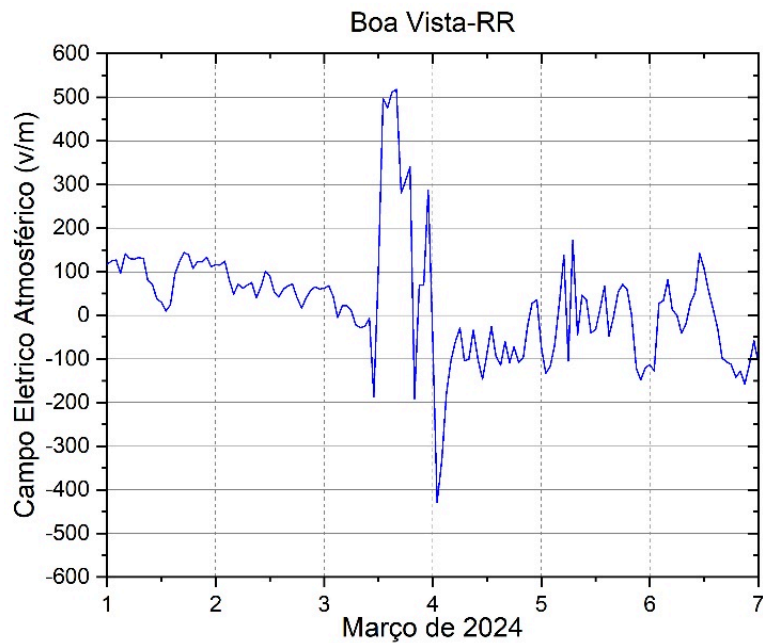


Fonte: Os Autores

4.4. Detalhamento das Aulas 1 e 2: Estudo do Campo Elétrico Atmosférico

Inicialmente o Professor apresentou o conceito sobre campo elétrico e as unidades de medidas, enfatizando que $1 \text{ V/m} = 1 \text{ N/C}$. Em seguida, mostrou o gráfico da Figura 2, o qual representa uma série temporal de 6 dias. O gráfico apresenta a variação do campo elétrico atmosférico em V/m medido na superfície em Boa Vista-RR entre os dias 1 e 6 de março de 2024. Em condições normais, o campo elétrico global segue a "Curva de Carnegie", com valores típicos de 50 a 150 V/m em tempo bom (dias 1 e 2), mantido pela atividade elétrica global (Rycroft et al., 2008; Williams, 2009). A curva mostra o máximo ao final da tarde, horário de maior atividade de tempestades na África. A assinatura mais marcante ocorre entre a noite do dia 3 e o dia 4. Há um aumento abrupto até +520 V/m, seguido por uma queda rápida para -430 V/m. Esse padrão de "pico positivo seguido de inversão negativa" é característico de tempestades geomagnéticas em baixas latitudes e da passagem de nuvens carregadas associadas a instabilidades ionosféricas (Abdu, 2005). O campo negativo indica que a base da nuvem ou a carga espacial está negativa, invertendo o sentido normal do campo, que é para baixo.

Figura 2. Variação do Campo Elétrico Atmosférico.



Fonte: Os Autores

Após a leitura do texto de apoio, as duplas de alunos foram solicitadas a responderem a um questionário com 6 perguntas a respeito da Figura 2. Ao final da primeira aula o Professor recolheu os questionários e fez a correção dialogada, explicando cada alternativa por 50 minutos.

1. Qual o período do gráfico da Figura 2?

A) 3 Dias B) 4 Dias C) 6 Dias D) 7 Dias

2. A unidade de medida do campo elétrico apresentada na Figura 2 é:

A) (v) B) (v/m) C) (m/s) D) (N/C)

3. De acordo com o gráfico de Boa Vista-RR, qual foi o valor aproximado do pico máximo positivo do campo elétrico atmosférico registrado entre 1 e final do dia 6 de março de 2024?

A) +150 v/m B) +300 v/m C) +520 v/m D) -430 v/m

4. Em condições de "tempo bom", sem a presença de nuvens de tempestade, o campo elétrico atmosférico próximo ao solo costuma ser:

A) Próximo a -1000 v/m B) Em torno de 100 a 200 v/m

C) Nulo, igual a 0 v/m D) Oscilante entre -500 e +500 v/m

5. Em um dia de tempo bom, como o do gráfico (dia 02 de março), o campo elétrico atmosférico é positivo. Isso indica que, em média:

A) O solo está carregado positivamente e o topo da atmosfera negativamente

B) O solo está carregado negativamente e o topo da atmosfera positivamente

C) Não existe diferença de carga entre o solo e a atmosfera

D) O campo elétrico aponta do solo para a atmosfera

6. As grandes variações positivas e negativas observadas nos dias 3 e 4 de março no gráfico são mais provavelmente associadas a:

A) Eclipse solar B) Alta pressão atmosférica C) Vento forte sem nuvens

D) Variação na quantidade de cargas elétricas na atmosfera

Ao final da primeira aula o Professor recolheu os questionários e fez a correção dos mesmos. Então o Professor conversou com a turma

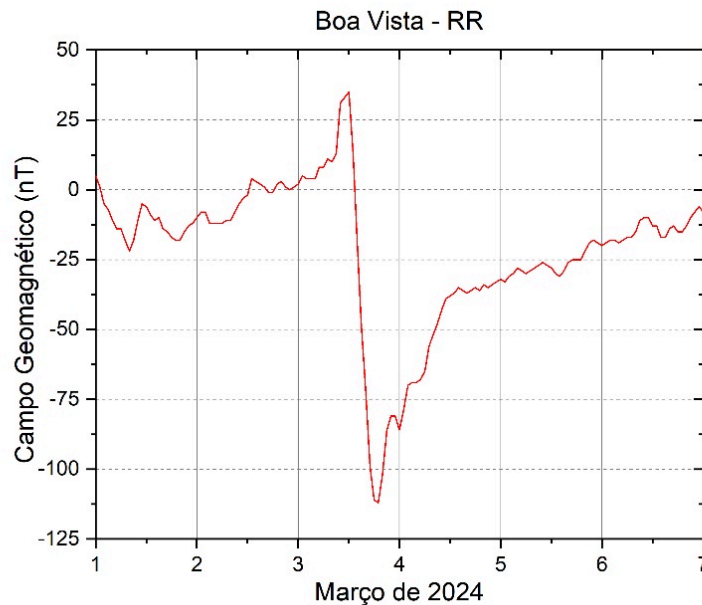
por mais 50 minutos, explicando cada questão e apontando a resposta correta. Para Vygotsky (2007), o questionário funciona como instrumento de mediação. Ele cria a zona de desenvolvimento: o aluno tenta responder sozinho o que significa por exemplo. -430 v/m ou $+430 \text{ v/m}$ e, ao errar, fica pronto para receber a explicação. Sem esse conflito cognitivo, não há aprendizagem significativa (Moreira, 2011).

4.5. Aulas 3 e 4: Estudo do Campo Geomagnético

A aula iniciou com o Professor definindo o conceito de campo magnético e suas unidades de medida. Ele também apresentou a Figura 3, onde o gráfico mostra a variação da componente horizontal do campo geomagnético em Boa Vista-RR, na ocasião, chamado apenas de campo geomagnético (E).

Na Figura 3, entre 1 e 2 de março de 2024, a variação do campo geomagnético oscila em torno de -20 nT e $+2 \text{ nT}$, que é a variação Sq (Solar quiet) normal. Porém, a partir do início do dia 3, o campo evolui e atinge aproximadamente $+40 \text{ nT}$ - a fase inicial da tempestade, causada pela compressão da magnetosfera pela bainha da CME. Desse instante, há uma queda importante chegando a -112 nT . Esta é a fase principal, onde a corrente de anel (ring current) é intensificada e diminui o campo na superfície. Em seguida, no mesmo dia 3, o campo começa a subir lentamente chegando a -85 nT no início dia 04, até -6 nT ao final do dia 6 de março - a chamada fase de recuperação, que pode durar dias.

Figura 3. Variação do Campo Geomagnético



Então com as duplas formada, os estudantes são convidados a discutirem e apresentarem respostas ao questionário contendo 6 questões de múltipla escolha, conforme texto a seguir. Portanto cada resposta precisava ser justificada por escrito.

1. Analisando o gráfico, o que aconteceu entre o final do dia 3 e o início do dia 4 de março?

- A) O campo geomagnético permaneceu estável
- B) Houve um aumento para +35 nT seguido de uma queda brusca para -112 nT
- C) O campo chegou a zero e ficou constante
- D) O campo só aumentou

2. Nos dias 1 a 3 de março o campo magnético da Terra varia pouco, entre -22 e +10 nT. Como chamamos esse período?

- A) Período de tempestade extrema

B) Período calmo, com variação diurna normal causada apenas pela luz do Sol que ilumina a ionosfera

C) Período de eclipse

D) Período sem campo magnético

3. A partir do dia 4 até o dia 6 o gráfico mostra uma subida lenta, de -80 nT para -6 nT. Como se chama essa fase?

A) Fase de recuperação do campo geomagnético, voltando ao "campo calmo"

B) Fase de início da tempestade

C) Fase de explosão solar

D) Fase de fim do campo magnético

4. A queda da intensidade do campo magnético no equador para -112 nT como visto no gráfico da Figura 3 indica:

A) Dia calmo

B) Dia magneticamente perturbado

C) Fim do campo magnético terrestre

D) Tempo bom para observação de estrelas sem nenhuma perturbação

5. Qual a origem da perturbação que atingiu a Terra em 3 de março?

A) Uma grande massa de plasma vinda do Sol que atingiu a Terra

B) Um vulcão na Amazônia

C) Um meteoro que caiu em Roraima

D) O desmatamento

6. Comparando gráfico de campo geomagnético (Figura 3) com o gráfico de campo elétrico atmosférico (Figura 2) para o mesmo período, que teve pico de +520 v/m para -430 v/m no dia 4, o que podemos concluir?

A) Os dois não têm relação

B) Explosão solar que causou impactos nos campos elétrico e magnético na Terra

C) Boa Vista ficou sem campo elétrico e magnético

D) Só o campo elétrico foi afetado, o magnético não

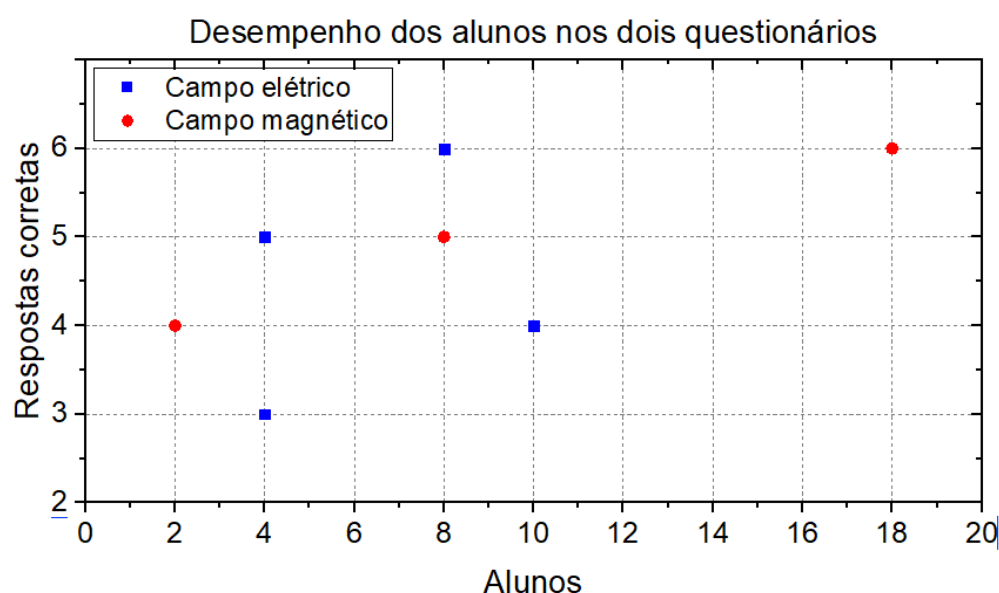
5. RESULTADOS

O gráfico da Figura 4, apresenta o resultado da aplicação dos dois instrumentos de avaliação formativa desenvolvidos a partir de dados reais medidos em Boa Vista-RR: o questionário de campo elétrico atmosférico (Figura 2) e o questionário de campo geomagnético (Figura 3), ambos referentes à tempestade de 3 e 4 de março de 2024. O eixo vertical indica o número de respostas corretas (de 0 a 6) e o eixo horizontal indica o número de alunos que obtiveram aquele desempenho.

A variação de 3 a 6 acertos revela diferentes níveis de subsunções (Ausubel, 2003). Alunos com 3 acertos ainda estão em alfabetização gráfica, com dificuldade em ler V/m e polaridade, enquanto os com 6 já atingiram a Zona de Desenvolvimento Real (Vygotsky, 2007).

O baixo rendimento inicial no questionário de campo elétrico não é falta de Física, mas falta de organizador prévio (Moreira, 2011). Quem compreendeu que tempo bom é 100-200 V/m (Williams, 2009; Rycroft et al., 2008) entendeu facilmente o período calmo magnético de -22 a +10 nT (Abdu, 2005).

Figura 4. Variação do Campo Geomagnético



A análise da Figura 4 revela padrões distintos de aprendizagem. No questionário de campo elétrico, observamos uma distribuição mais espalhada: 4 alunos com 3 acertos, 6 com 4 acertos, 8 com 5 acertos e 8 com 6 acertos.

Já no questionário de campo magnético, o desempenho foi superior: apenas 2 alunos com 4 acertos, 6 com 5 acertos e 18 com 6 acertos (100% de aproveitamento em 69% da turma).

A variação de 3 a 6 acertos revela diferentes níveis de subsunções (Ausubel, 2003). Alunos com 3 acertos ainda estão em alfabetização gráfica, com dificuldade em ler V/m e entender polaridade (confundem -430 V/m com "menos eletricidade"). Enquanto os com 6 já atingiram a Zona de Desenvolvimento Real (Vygotsky, 2007) e conseguem explicar que campo negativo significa inversão do vetor E.

O baixo rendimento inicial no questionário de campo elétrico não é falta de conhecimento de Física, mas falta de organizador prévio (Moreira, 2011). O conceito de campo elétrico atmosférico é raramente abordado no Ensino Médio. Quem compreendeu que tempo bom é 100-200 V/m (Williams, 2009; Rycroft et al., 2008) entendeu facilmente o período calmo magnético de -22 a +10 nT (Abdu, 2005).

Os 4 alunos com 3 acertos não representam "nota baixa", mas diagnóstico formativo essencial - erraram as questões 4 e 5 sobre solo negativo e atmosfera positiva, ponto que precisa de intervenção. Já os 18 alunos com 6/6 no magnético comprovam alfabetização científica e atingimento das competências EM13CNT301 e EM13CNT302 da BNCC (BRASIL, 2018). Eles conseguiram correlacionar a Figura 2 com a Figura 3, respondendo corretamente que a explosão solar causou impactos em ambos os campos.

Um resultado qualitativo importante foi a pergunta de um aluno: "Professor, se o campo magnético cai para -112 nT, meu celular vai parar de funcionar?". Essa pergunta demonstra a construção de hipótese e pensamento sistêmico (Hewitt, 2015), conectando física espacial com tecnologia do cotidiano.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inserção de dados da EFEC promoveu 3 ganhos principais, analisados sob a ótica da aprendizagem significativa: Cognitivo: Os alunos revisaram geometria analítica, escalas logarítmicas e planilhas para construir gráficos. Aprenderam a diferenciar sinal de "tempo bom" e "tempo perturbado" tanto em E quanto em B, superando a visão de campo como fórmula (Borges, 2002). O gráfico deixou de ser abstrato e passou a ser a assinatura de um evento solar. Conceitual: A correlação entre as duas figuras permitiu exercitar o pensamento sistêmico. O Sol não afeta só uma grandeza, afeta o sistema Terra como um todo. A magnetosfera, a ionosfera e o circuito elétrico global estão acoplados. Atitudinal: Houve aumento de participação, redução de conversas paralelas e 100% de aprovação na turma no 1º e 2º bimestre em Física. Os estudantes relataram satisfação em "usar dados de verdade" e compreender que a Física explica fenômenos que afetam satélites, GPS, aviação e distribuição de energia (Richetti, 2015). Três alunos manifestaram interesse em fazer TCC sobre Física Espacial. Conclui-se que o uso de dados de monitoramento espacial da EFEC é uma estratégia viável, de baixo custo e com alto potencial para o ensino de eletromagnetismo. Ele conecta a sala de aula com a pesquisa, com o Sol e com o meio ambiente de Roraima, contribuindo para uma alfabetização científica mais significativa e para a interiorização da ciência no extremo norte do Brasil. Limitações do estudo incluem o tamanho amostral reduzido (uma turma) e o curto período de intervenção (4 aulas). Como trabalhos futuros, propõe-se a expansão para outras escolas de Boa Vista e a criação de um portal online com dados da EFEC em tempo quase real para uso didático.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDU, M. A. **Equatorial ionosphere-thermosphere system.** Adv. Space Res., v.35, p.421-430, 2005.

ALVES, M. V.; SILVA, J. A.; CAMARA, C. Tempestades geomagnéticas. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 2, 2015.

ALVES, Marcus V.; SILVA, Marlos R.; CAMARA, Cláudio D. **Space Weather and Geomagnetic Storms.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 4, p. 4301, 2015.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos.** Lisboa: Plátano, 2003.

BORGES, Antônio Tarciso. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília: MEC, 2018.

HARRISON, R. Giles. **The Carnegie Curve.** Surveys in Geophysics, v. 34, n. 2, p. 209-232, 2013.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual.** 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

KRAUSE, Fritz; RÄDLER, Karl-Heinz. **Mean-Field Magnetohydrodynamics and Dynamo Theory.** Berlin: Akademie-Verlag, 1980.

MERRILL, Ronald T.; McELHINNY, Michael W.; McFADDEN, Phillip L. **The Magnetic Field of the Earth: Paleomagnetism, the Core, and the Deep Mantle.** San Diego: Academic Press, 1996.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares.** São Paulo: Livraria da Física, 2011.

RICHETTI, Graziela Piccoli. **Uso de tecnologias e metodologia ativa no Ensino Médio.** Dissertação de Mestrado - UFRGS, Porto Alegre, 2015.

RYCROFT, Michael J. et al. **Electrosphere and Climate.** Space Science Reviews, v. 137, n. 1-4, p. 83-105, 2008.

SILVA, A.; NASCIMENTO, D.; SILVA, J. Teoria de Ausubel no ensino de física. Revista de Ensino de Física, 2021.

SILVA, G. Alves; NASCIMENTO, Denise A.; SILVA, Fransuah H. Alves. **O Modellus em sala de aula: uma experiência no ensino de Física.** In: PINTO, José Antônio; PEDROSO, Luciano Soares (org.). Práticas experimentais para o ensino de ciência: construindo alternativas adequadas à realidade educacional brasileira. 1. ed. Curitiba, PR: Editora Bagai. p. 117-129. 2021.

TSUBOI, N.; CHIAN, A. C. L. Clima espacial. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, 2009.

TSUBOI, Yohko; CHIAN, Abraham C-L. **Solar Flares and Space Weather.** Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, v. 71, n. 10-11, p. 1047-1054, 2009.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.** 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

WILLIAMS, E. R. **The global electrical circuit.** Atmos. Res., v.91, p.140-152, 2009.

¹ Docente do MNPEF, Polo 38, UFRR. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Docente da SEED, RR, Escola Estadual 13 de Setembro. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Discente do MNPEF, Polo 38, UFRR. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁴ Discente do MNPEF, Polo 38, UFRR. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)