

ENSINANDO RAJADAS DE VENTO COM O AUXÍLIO DE DADOS EMPÍRICOS*Teaching Wind Gusts with the Aid of Empirical Data***Lúcio Ângelo Vidal** (lucio.vidal@ifmt.edu.br)**José Vinícius da Costa Filho** (jose.costa@ifmt.edu.br)*Rua Professora Zulmira Canavarros, nº 95 – CEP: 78005-200, Centro, Cuiabá –MT IFMT Campus Cuiabá***Andreia da Silva Tavares** (andrea.physical@gmail.com)*Recebido em: 11/11/2023**Aceito em: 18/05/2024***Resumo**

O objetivo deste artigo foi mediar conhecimentos sobre rajadas de vento em uma experiência de ensino ocorrida em uma aula de Física realizada com treze discentes de Engenharia de uma instituição pública que contempla o ensino superior no município de Cuiabá. Nesse sentido, foi ministrada uma aula com definição do conceito, identificação do fenômeno no código METAR e dados empíricos relativos às ocorrências na cidade. Como resultados da avaliação de aprendizagem, verificou-se que houve um aproveitamento satisfatório na grande maioria das perguntas do questionário de avaliação aplicado aos discentes. Entende-se que há um grande potencial em aproximar a aula de Física das experiências de ensino direcionadas à Meteorologia, pois há na atualidade uma grande necessidade de se desmitificar a compreensão de fenômenos oriundos desta ciência.

Palavras-Chave: rajada de vento, ensino, caracterização estatística**Abstract**

The objective of this article was to mediate knowledge about gusts of wind in a teaching experience that took place in a Physics class held with thirteen Engineering students from a public institution that provides higher education in the city of Cuiabá. In this sense, a class was taught defining the concept, identifying the phenomenon in the METAR code and empirical data relating to occurrences in the city. As a result of the learning assessment, it was found that there was a satisfactory result in the vast majority of questions in the assessment questionnaire applied to students. It is understood that there is great potential in bringing Physics classes closer to teaching experiences focused on Meteorology, as there is currently a great need to demystify the understanding of phenomena arising from this science.

Keywords: gust of wind, teaching, statistical characterization

Introdução

As rajadas de vento podem produzir segundo Barbano, Brunini e Pinto (2003) a prostração de plantas e erosão dos solos destituídos de vegetação e também conforme Silva *et al.* (1997), morte de pequenos animais. Na aviação, o fenômeno é de fundamental importância nas operações de pouso e decolagem de aeronaves, porque dificultam a manutenção da sustentação delas (SOUZA *et al.*, 2014). Nas edificações, por sua vez, podem ocorrer por exemplo danos estruturais, quebra de janelas e arraste de telhados.

Entre as poucas publicações abordando o estudo de rajadas de vento, podem-se citar Souza *et al.* (2014) que abordam a frequência com que ocorrem as rajadas de vento e como elas interferem na segurança da navegação aérea no aeroporto de Belém no estado do Pará; Burgardt, Leite e Virgens Filho (2011), por sua vez, caracterizam o perfil da direção do vento predominante e rajadas para algumas cidades localizadas no Paraná; finalmente Silva, Aragão e Correia (2009) analisam ventos fortes com rajadas na capital da Bahia entre os dias 10 e 11 de maio de 2007 a fim de compreender o ambiente relacionado à previsão do tempo na localidade.

Entretanto, o que se desconhece na realidade são artigos que abordem experiências de ensino envolvendo o conceito, o fenômeno e as estatísticas de rajada de vento em sala de aula nas mais diversas modalidades de ensino de Física e ainda mais especificamente na disciplina de Física Geral 2 do nível superior da área de Ciências Exatas por ela abordar temas relacionados à fluidodinâmica. Portanto, é imperativo o desenvolvimento do trabalho aqui proposto.

O objetivo geral deste artigo é mediar conhecimentos aos alunos sobre rajadas de vento com auxílio de dados experimentais da cidade de Cuiabá consultados da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET). Para realizar o objetivo geral, faz-se o uso dos objetivos específicos seguintes: a) conceituar rajada e apresentar o que ela pode ocasionar; b) identificar a rajada de vento no código METAR; c) fazer uso da escala Beaufort para comparar as intensidades das rajadas de vento em Cuiabá e categorizar como eventos extremos meteorológicos; d) apresentar resultados estatísticos referentes ao fenômeno na cidade mencionada.

Fundamentação Teórica

Nesta seção, abordam-se quatro aspectos para a compreensão do que foi proposto em sala de aula e como atividade avaliativa: conceituação de rajada de vento, escala Beaufort, código METAR e comportamento estatístico da rajada de vento na cidade de Cuiabá no período de 2010 a 2019.

Conceituação de Rajada de vento, código METAR e escala Beaufort

A intensidade do vento superficial é variável com o passar do tempo e tem por característica fortes flutuações que estão relacionadas ao estado de agitação do ar (VAREJÃO-SILVA, 2006). Tal frenesi, ainda segundo o autor, revela a existência no local de observação de vórtices ou redemoinhos.

A rajada de vento é uma variação súbita na velocidade do vento e que normalmente é associada a uma variação também brusca na direção (VAREJÃO-SILVA, 2006). O vento à superfície terrestre geralmente é constituído por rajadas e por essa razão, as observações do vento à superfície para fins de climatologia e previsão de tempo devem fazer menção aos valores médios dentro de um intervalo de tempo de dez minutos (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2021).

Segundo Barry e Chorley (2013), existem quatro aspectos a se analisar quando se deseja a compreensão do movimento do ar nas imediações da superfície terrestre: a força gradiente de pressão; a força de Coriolis; a força centrípeta e a força de atrito.

A força do gradiente de pressão surge devido à diferença de pressão, que por sua vez, originam-se de diferenças de temperatura ou de razões mecânicas (BARRY e CHORLEY, 2013). A força de Coriolis origina-se quando o movimento do ar sobre a superfície terrestre diz respeito à latitude e à longitude do planeta que gira (WALLACE e HOBBS, 2006). A força centrípeta, por seu turno, é explicada pela necessidade que um corpo tem de seguir uma trajetória curva, ela costuma ser de baixa intensidade, entretanto é muito intensa quando o vento tem alta intensidade e está em trajetória extremamente curvilínea (WALLACE e HOBBS, 2006). Por fim, a força de atrito decorre do atrito produzido entre deslocamento do ar e a superfície terrestre, reduzindo assim a velocidade do vento abaixo do valor oriundo do gradiente de pressão (BARRY e CHORLEY, 2013).

Ferreira e Nascimento (2016) classificam as rajadas de acordo com sua origem em convectivas ou não-convectivas. Aquelas originam-se da atividade convectiva da nuvem cúmulo-nimbos (nuvem de trovoadas) e estas originam-se de formações ciclônicas ou do efeito de montanha.

O código METAR é uma abreviatura que provém do inglês para *Meteorological Aerodrome Report*, ou seja, é o relatório meteorológico de aeródromo e contém as seguintes informações em sequência: grupos de identificação; vento; visibilidade; alcance visual da pista; tempo presente; nuvens; temperatura do ar e do ponto de orvalho; pressão atmosférica e informações suplementares (BRASIL, 2020). Ainda se ressalta que tal código é usado para descrever as condições meteorológicas visualizadas em um aeródromo em intervalos regulares de sessenta minutos (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2012).

Como exemplo de identificação de uma rajada de vento no relatório meteorológico, apresentase a seguir um exemplo na cidade de Cuiabá: METAR SBCY 161700Z **33012G22KT** 9999 5000S VCSH SCT015 FEW025TCU BKN100 29/21 Q1013=.

A parte sublinhada e em negrito especifica a informação de vento. A decodificação desta parte composta por sete algarismos e três letras é: os três primeiros algarismos referem-se à direção (330), os dois algarismos seguintes identificam a intensidade média do vento em nós (12), os dois algarismos após o G indicam a rajada em nós (22) e KT é abreviatura de nós em inglês.

Visando identificar se a rajada de vento produz algum fenômeno meteorológico de característica extrema, é necessário apresentar a escala Beaufort. Tal escala, apresentada no quadro 1, é empírica e associa a velocidade do vento aos efeitos produzidos na terra e no mar (CASALS, s.d.).

Quadro 1. Escala Beaufort associando o termo à velocidade em nós do vento.

Termo	Velocidade em Nós
Calmo	Menor que 1
Viração	1 a 3
Brisa Leve	4 a 6
Brisa Suave	7 a 10
Brisa Moderada	11 a 16
Brisa Fresca	17 a 21
Brisa Forte	22 a 27
Ventania	28 a 33
Temporal	34 a 40
Temporal Forte	41 a 47
Tempestade	48 a 55
Tempestade Violenta	56 a 63
Furacão	Maior ou igual a 64

Fonte: Adaptado da ICA 105-16 (Códigos Meteorológicos), 2023.

Analisando o quadro 1, é possível compreender que ventos de intensidade inferior a um nó podem ser classificados como *calmos*. Os que têm intensidade de 1 a 3 nós denominam-se de *viração*. Ventos de 4 a 27 nós entendem-se como *brisas*. Na faixa de 28 a 33 nós, são agrupados como *ventania*. Relacionam-se como *temporal* os que tem velocidade de 34 a 47 nós. As *tempestades* são assim rotuladas quando a velocidade estiver entre 48 e 63 nós. Finalmente, se a velocidade for igual ou superior a 64 nós, trata-se aqui de um *furacão*.

O comportamento estatístico da rajada de vento na cidade de Cuiabá entre 2010 e 2019

A tabela 1 mostra o valor mais intenso de rajada de vento na cidade de Cuiabá em nós (1nó = 1,8km/h) com incerteza de 0,5 nó. Pelo que é possível observar, o mês de outubro foi o mês em que houve a rajada mais intensa do período (com velocidade de 58 nós). Ainda se percebe que a rajada mais intensa de cada mês pode estar de alguma forma relacionada com a estação úmida ou seca, porque o que se percebe é que nos meses de maio a agosto não há registro de rajada mais intensas do que 40 nós. Finalmente é possível afirmar pela escala Beaufort que nunca aconteceu um ciclone tropical na cidade, pois não há o registro de ventos acima de 64 nós.

Tabela 1. A rajada de vento mais intensa por mês

Mês	Rajada mais intensa (nós)
Janeiro	44
Fevereiro	44
Março	40
Abril	44
Maio	40
Junho	30
Julho	33
Agosto	32
Setembro	45
Outubro	58
Novembro	42
Dezembro	55

Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados da REDEMETS, 2023.

A tabela 2, por sua vez, mostra a quantidade de rajadas de vento ocorridas por mês no período de 2010 a 2019. Nela, pode-se detectar que o mês de junho é aquele que registrou menor número de acontecimentos do fenômeno (8 vezes), por outro lado outubro é o mês que registou 82 ocorrências (o maior número por mês). Analisando os meses que constituem a estação seca (de abril a setembro) e a estação úmida (outubro a março) na cidade de Cuiabá, percebe-se que os meses de abril a setembro não registram ocorrências de mais de 37 rajadas por mês enquanto que todos os demais meses registram pelo menos 41 rajadas. Tal fato sugere que as rajadas tendem a ser mais frequentes nos meses da estação úmida muito provavelmente a maior instabilidade do tempo nesses meses.

Tabela 2. Quantidade de ocorrências por mês

Mês	Quantidade
Janeiro	60
Fevereiro	41
Março	43
Abril	37
Mai	20
Junho	8
Julho	20
Agosto	13
Setembro	30
Outubro	82
Novembro	51
Dezembro	47
Total	452

Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados da REDEMET, 2023.

Na tabela 3, são expostas as quantidades de rajadas de vento por hora do dia. Observa-se que no horário das 4 da manhã não há registro de ocorrência de nenhuma rajada de vento, por outro prisma o horário das 15 horas registra o maior número de acontecimentos do fenômeno (81 ocorrências). No período compreendido entre 10 horas e 19 horas há o registro de 390 ocorrências o que corresponde a cerca de 86% do total das ocorrências e fica evidente que o período da tarde, entre as 13h e 18h, é o mais propício ao surgimento de rajadas de vento por haver mais instabilidades atmosféricas, com um total de 326 ocorrências (cerca de 75% do total de ocorrências).

Tabela 3. Quantidade de rajadas por hora do dia

Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Quant	5	4	2	5	0	3	3	3	3	2	14	13	24	58	64	81	50	49	24	13	6	9	13	4

Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados da REDEMET, 2023.

Finalmente a tabela 4a e 4b traz os dados de distribuição de rajadas de vento por direção em graus de forma que a contagem leva em consideração a direção em graus contada de 10° em 10° em uma contagem que vai de 10° até 360°, havendo naturalmente uma incerteza na medida de 5°. A correspondência com os pontos cardeais geográficos se estabelece da seguinte forma: leste corresponde a 90°; sul corresponde a 180°; oeste é equivalente a 270° e norte diz respeito a 360°. Em suma, o aumento do grau ocorre no sentido horário dos ponteiros de um relógio.

Tabela 4a. Quantidade de rajadas por direção de 10° a 180°

Dir.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Quant	21	21	24	14	16	11	13	10	11	6	12	13	11	6	4	7	12	14

Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados da REDEMET, 2023.

Tabela 4b. Quantidade de rajadas por direção de 190° a 360°

Dir.	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360
Quant	11	12	12	15	10	2	2	2	8	11	4	12	18	25	18	19	18	27

Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados da REDEMET, 2023.

Observa-se que há maior frequência de ocorrência de vento na direção norte (27) e uma menor frequência nas direções 240°, 250° e 260° (apenas 2 em cada direção). No entanto, deve-se levar em conta como fato mais relevante, que por setores envolvendo pontos cardeais e colaterais, que há maior concentração de rajadas no setor compreendido entre 320° e 360° (entre noroeste e norte), pois 107 ocorrências (aproximadamente 24% do total) estão aí contidas. A segunda maior concentração de ventos de rajada ocorre na direção compreendida entre 10° e 50° (96 ao todo). Em uma outra perspectiva, o setor em que os ventos de rajada ocorrem em menor quantidade seria de 230° a 270° (24 no total).

Materiais e Métodos

Nesta seção, apresentam-se os materiais necessários à lição realizada com os treze aprendizes, os métodos empregados para a mediação do ensinamento e a caracterização da pesquisa.

A experiência de ensino aqui relatada ocorreu em 25 de abril de 2023 na aula da disciplina de Física Geral 2 de uma instituição pública de ensino superior na cidade de Cuiabá, foi realizada com treze estudantes de Engenharia e teve duração de tempo de uma hora e trinta e cinco minutos.

A referida experiência de ensino ocorreu na disciplina mencionada no parágrafo anterior pelo fato de contemplar em sua ementa o tópico de fluidodinâmica. Assim sendo, buscava-se ampliar o estudo ocorrido em aula anterior que abordava a pressão atmosférica em uma perspectiva meteorológica.

Foram utilizados como materiais para a aula um quadro branco, canetas para escrever em quadro branco e um gravador para registrar as interações na perspectiva de perguntas e respostas entre professor e aluno.

Durante os primeiros trinta minutos da aula, foi ilustrado no quadro branco a teoria sobre rajadas de vento e algumas tabelas experimentais de dados coletados sobre rajadas de vento na cidade de Cuiabá.

De trinta minutos até uma hora e cinco minutos de aula foram esclarecidos os aspectos de natureza teórica e experimental sobre as informações que constavam no quadro branco. Além disso, foi o momento de maior interação/diálogo entre estudante e docente que permeou dúvidas e esclarecimentos sobre o que foi compartilhado no quadro.

Por fim, de uma hora e cinco minutos até uma hora e trinta e cinco minutos, os treze discentes foram submetidos ao teste constituído de oito questões abertas para fins de avaliar o que eles conseguiram apropriar e analisar suas impressões por escrito.

Os acadêmicos foram identificados nesta pesquisa por meio de apenas uma letra do alfabeto desde A até M para garantir a proteção à identidade individual. Ainda se reforça que nenhum dos participantes foi forçado a participar desta atividade didática. Logo a seguir, apresenta-se o questionário avaliativo sobre rajadas de vento aplicado aos aprendizes.

Questionário avaliativo sobre aula de rajada de vento

1. *Em que período do ano (mês ou estação úmida/seca) ocorrem a maior quantidade de rajadas de vento em sua cidade?*

Possível resposta: são mais comuns em meses associados à estação úmida

2. *Como você definiria o conceito de rajada de vento?*

Possível resposta: é o nome que se dá a uma variação brusca na velocidade do vento e que normalmente está associada a uma variação brusca de direção.

3. *Com base em dados empíricos de rajada de vento, responda se em sua cidade já ocorreram tempestades ou furacões.*

Possível resposta: tempestades já ocorreram, mas furacões ainda não. Seria necessário vento de mais de 64 nós para se dizer que ocorreu um furacão.

4. *Com base em dados empíricos de rajada de vento, responda em que setor (ponto cardeal com ponto colateral) ocorre a maioria das rajadas de vento em sua cidade.*

Possível resposta: elas ocorrem com maior frequência entre as direções noroeste e norte

5. *Em que período do ano (mês ou estação úmida/seca) as rajadas de vento costumam ser mais intensas em sua cidade?*

Possível resposta: as maiores intensidades das rajadas de vento costumam estar associadas aos meses em que a umidade está mais elevada.

6. *Em que período do dia costuma ocorrer com mais frequência rajada de vento em sua cidade?*

Possível resposta: São mais frequentes nos horários do período vespertino.

7. *Como identificar uma rajada de vento no código METAR?*

Possível resposta: basta olhar para a parte do código relativa ao vento e ver se além dos cinco algarismos muito comuns há mais dois precedidos pela letra G que é abreviatura de rajada em inglês.

8. *Cite alguns prejuízos causados pelas rajadas de vento.*

Possível resposta: destelhamento de construções, quebra de janelas, queda de plantas e dificuldades para pouso e decolagem de aeronaves.

A justificativa para a existência da pergunta de número dois no questionário é a necessidade que se tem de definir bem o fenômeno abordado. A pergunta de número sete do questionário, por sua vez, visou analisar se o discente era capaz de descrever em palavras como identificar a rajada no código METAR. A última questão buscava analisar se o acadêmico conseguia relacionar alguns perigos produzidos pelo fenômeno meteorológico. Por fim, as demais questões objetivavam analisar o que os discentes poderiam concluir a partir de dados experimentais da cidade de Cuiabá sobre o tema da aula.

Resultados e Discussão

Nesta seção, são apresentadas duas subseções nesta ordem: interação durante a aula e respostas em linguagem matemática e escritas produzidas pelos alunos em cada uma das oito questões que constituem a avaliação.

Interação durante a aula

Durante os primeiros trinta minutos foram compartilhadas, mediante conteúdos constantes no quadro branco e de forma dialógica, as informações teóricas e empíricas sobre a ocorrência do fenômeno na cidade de Cuiabá de acordo com os conceitos descritos na seção de fundamentação teórica deste artigo.

Após os trinta minutos iniciais e até uma hora e cinco minutos, foi explicado o exposto no quadro branco e enquanto isso ocorria, de forma paralela, os alunos direcionavam várias indagações ao docente.

O aluno J pergunta por que razão no Brasil não ocorre furacões fortes. Explica-se que um furacão é uma designação específica atribuída aos ciclones tropicais e que no Brasil o que ocorre às vezes na região sul é o ciclone extratropical e que este se forma em regiões naturalmente frias. Os ciclones tropicais, por sua vez, ocorrem em lugares quentes e por esta razão são mais intensos.

O aprendiz M relata, baseado em notícias de jornal, que ocorreu um furacão no estado do Amazonas. O professor explicou a possibilidade de que o que realmente pode ter ocorrido foi uma tromba d'água ou um tornado uma vez que ciclones tropicais ou mesmo extratropicais precisam de um suprimento hídrico enorme (oceano) para surgirem. Além disto, os dois tipos de ciclones são possíveis de serem identificados em imagens de satélite meteorológicos.

O estudante L pergunta, provavelmente por não ter prestado bem atenção, se eram as instabilidades ou estabilidades atmosféricas que propiciavam a ocorrência de rajadas de vento. Então, foi pontuado que as rajadas são produzidas pelas instabilidades.

O acadêmico A indaga se as rajadas de vento ocorrem de acordo com o valor da pressão atmosférica. O docente afirma que sim, porque as pressões baixas favorecem condições de tempo atmosféricas instáveis.

O discente A pergunta o que é uma tromba d'água. Explica-se que é um tornado que se forma na água e que uma tromba d'água é oriunda de uma nuvem funil, ou seja, uma nuvem cuja base se apresenta bastante afunilada.

O aluno A também pergunta o que significa SBCY no código METAR. Foi explicado que o designador telegráfico é composto por S para designar hemisfério sul, B para indicar o Brasil e CY é uma abreviatura que representa a cidade de Cuiabá.

O aprendiz B questiona sobre em que parte do código METAR encontra-se a pressão. O docente afirma que na parte final do código, isto é, após a letra Q e antes do sinal de igual está a pressão em hectopascal.

As respostas escritas produzidas pelos alunos em cada uma das oito questões

No quadro número 2, são apresentadas as respostas dos discentes à questão de número 1. Consideraram-se como respostas fora do padrão do que se pode considerar sensato o que proferiram os alunos B e M. Não se poderia considerar em hipótese alguma que ocorrem mais quantidades de rajadas no período seco como afirma B, pois há menos instabilidade no período mencionado. O discente M responde algo que não tem relação com a pergunta uma vez que não foi indagado sobre em que mês ocorre a estação seca ou a estação úmida.

As respostas dos demais alunos (cerca de 85% do total) foram classificadas como corretas, porque há elementos pertinentes aos fatos reais obtidos experimentalmente seja na perspectiva de menções a meses úmidos, seja no viés da menção à estação úmida.

Quadro 2 – Respostas em linguagem escrita dos estudantes à questão 1.

<i>Aluno</i>	<i>Resposta escrita dos estudantes à pergunta: Em que período do ano (mês ou estação úmida/seca) ocorrem a maior quantidade de rajadas de vento em sua cidade?</i>
A	Costumam ocorrer de outubro a fevereiro
B	Durante a estação seca
C	As rajadas ficam mais frequentes em períodos mais úmidos
D	Estação húmida
E	Mês de janeiro, fevereiro, dando uma pausa e voltando de novo nos meses úmidos, como outubro
F	Na época de transição entre as estações e no período de seca
G	Ocorre maiores quantidades de rajada durante o tempo úmido, então no início e no final de ano
H	Em outubro, estação é mais úmida
I	Durante o verão, nos meses que houver mais umidade
J	Em períodos de estação úmida devido a instabilidade do tempo
K	Em outubro e na estação úmida
L	Rajadas de vento ocorrem em maior quantidade durante o período úmido
M	Em junho a estação é seca, é úmida em março

Fonte: Elaborado pela pesquisa, 2023.

No quadro 3, apresentam-se as argumentações dos acadêmicos à questão de número 2. Apreciam-se como respostas fora do padrão do que se pode julgar coerente o que expressaram os alunos F, H e I. F responde incorretamente, porquanto não se poderia aceitar como rajada um vento que simplesmente tem grande intensidade se não houve variação brusca de intensidade; H responde algo que não diz respeito ao conceito, mas tenta responder que quando surgem frentes (encontros de massa de ar) podem ocorrer rajadas; Finalmente, I sugere que uma mudança climática pode ser provocada por uma rajada, não respondendo à indagação. Os demais 77% dos discentes respondem de maneira adequada.

Quadro 3 - Respostas em linguagem matemática dos estudantes à questão 2.

<i>Aluno</i>	<i>Resposta escrita dos estudantes à questão 2: Como você definiria o conceito de rajada de vento?</i>
A	Definiria como uma mudança abrupta na velocidade e direção do vento
B	Se define como sendo a mudança brusca de velocidade do vento, podendo mudar também sua direção
C	Um vento moderado que de repente aumenta sua velocidade
D	Ventos fortes e intensos
E	Como uma variação da velocidade e intensidade do vento já que não temos uma definição acertiva
F	A rajada de vento são vento que tem uma velocidade maior
G	É quando a intensidade do vento muda de forma brusca e também é acompanhado com uma mudança de direção
H	Há um vento com uma frequência constante, moderada quando há um choque com outra massa de ar, gerando uma rajada de vento
I	É uma força realizada pelo vento, capaz de fazer mudanças ambientais
J	É o movimento brusco e repentino do vento em um pequeno intervalo de tempo
K	Um aumento repentino na velocidade do vento
L	É a mudança de intensidade e ou direção do vento
M	É a variação brusca da velocidade na velocidade do vento que é acompanhada por variação de direção

Fonte: Elaborado pela pesquisa, 2023.

O quadro 4 traz as respostas escritas dos discentes à questão de número 3. Todos eles são unânimes em afirmar que não ocorreu nenhum furacão na cidade em que eles residem, mas que é possível identificar nos dados empíricos ocorrências de tempestades. Ainda é possível destacar que o estudante E apresenta uma justificativa para o fato de acontecerem tempestades e não furacões que não possui um sentido lógico em palavras.

Quadro 4 - Respostas em linguagem matemática dos estudantes à questão 3.

<i>Aluno</i>	<i>Resposta escrita dos estudantes à questão 3: Com base em dados empíricos de rajada de vento, responda se em sua cidade já ocorreram tempestades ou furacões</i>
A	Já aconteceram tempestades de até 104,4km/h
B	Não ocorreram furacões, mas pode ter ocorrido pequenas tempestades
C	No máximo uma tempestade severa por volta de 114km/h
D	Tempestades sim, furacões não
E	Furacões, não! Tempestades, sim! Pois chegou em anos que a velocidade do vento ultrapassará o limite médio
F	Sim, tempestades, foi no mês de outubro aproximadamente
G	Não
H	Sim, já ocorreu tempestades
I	Não, pois não ocorre rajadas fortes suficientes e não tem condições ambientais, é mais comum em cidades tropicais
J	Já teve tempestades severas de 58 knots
K	Sim, já ocorreu tempestades tropicais
L	Em nossa cidade não ocorre furacões no entanto ocorre tempestades de acordo com os dados
M	Furacão não, mais tempestade tropical sim

Fonte: Elaborado pela pesquisa, 2023.

São apresentadas no quadro 5 as respostas escritas dos estudantes à questão 4. Aqui apenas cinco estudantes (C, D, F, G e H), o que representa em torno de 38%, conseguiram expressar com êxito uma resposta dentro do razoável, isto é, entre norte e noroeste no caso de D, G e H; G que fala entre noroeste e nordeste e a fala de C que acertou o ponto em que ocorrem mais incidências. Percebe-se também que os demais alunos têm dificuldade para diferenciar entre setor relacionado a uma determinada área e pontos ou direção como no caso de A, B, E, I, J, K, L e M.

Quadro 5 - Respostas escrita dos estudantes à questão 4.

<i>Aluno</i>	<i>Resposta escrita dos estudantes à questão 4: Com base em dados empíricos de rajada de vento, responda em que setor (ponto cardinal com ponto colateral) ocorrem a maioria das rajadas de vento em sua cidade.</i>
A	No ponto noroeste
B	Noroeste
C	As maiores incidências são norte
D	Norte e noroeste
E	Na região norte, especificamente, no ponto noroeste
F	Nordeste e noroeste
G	Entre o norte e o noroeste
H	Entre os setores norte e noroeste
I	Noroeste
J	No ponto norte e noroeste
K	Noroeste, NO
L	Nos pontos N, NE há uma maior ocorrência de rajadas de vento
M	NE (45°)

Fonte: Elaborado pela pesquisa, 2023.

As respostas ao questionamento de número 5 são exibidas no quadro 6. É possível considerar como aceitáveis as respostas dos acadêmicos A, C, D, E, G, H, I, J e K (aproximadamente 69%). Os alunos A, D, G e K enfatizaram o mês enquanto que C, E, H, I e J enfatizaram o período úmido ou a estação do ano. Não se pode considerar como coerentes as respostas de B (estação seca), de F por não esclarecer se a umidade era alta ou baixa, de L por apontar estações em que não há as rajadas mais intensas e de M porque elenca meses da estação seca.

Quadro 6 - Respostas escritas dos estudantes à questão 5.

<i>Aluno</i>	<i>Resposta escrita dos estudantes à questão 5: Em que período do ano (mês ou estação úmida/seca) as rajadas de vento costumam ser mais intensas em sua cidade?</i>
A	Costumam ser mais intensas no mês de novembro
B	Durante o período de seca
C	No período chuvoso, costuma ser do fim do ano até abril mais ou menos
D	Outubro
E	Na estação úmida, no início do ano: janeiro, fevereiro. E no final: outubro novembro
F	No período de humidade
G	Em período com maiores instabilidades, como outubro
H	No período em que a estação é úmida
I	Durante o verão, meses que houver mais umidade, logo mais instabilidade
J	Em períodos de estação úmida
K	Em outubro
L	Durante as estações inverno, outono e primavera há uma maior instabilidade por isso há uma maior intensidade nas rajadas de vento
M	Julho, agosto e setembro

Fonte: Elaborado pela pesquisa, 2023.

O quadro 7 apresenta as respostas dos discentes à questão de número 6. Com exceção dos estudantes H e I, que responderam respectivamente “no período mais fresco do dia” e “à noite”, os demais (cerca de 85%) apresentaram respostas satisfatórias seja pelo horário em que ocorrem, seja pelo período do dia (à tarde) que acontecem.

Quadro 7 - Respostas escritas dos estudantes à questão 6.

Aluno	Resposta escrita dos estudantes à questão 6: Em que período do dia costuma ocorrer com mais frequência rajada de vento em sua cidade?
A	Por volta das 16 horas da tarde
B	Durante o período da tarde, por volta das 16:00h
C	Por voltas das 16/17 horas
D	Fim de tarde em torno das 15, 16h
E	A metade ou final da tarde entre as 15hrs às 16:30hrs
F	No fim de tarde, onde a pressão vai estar mais baixa
G	No período da tarde
H	No período mais fresco do dia, pela manhã, ao anoitecer e na madrugada
I	A noite
J	A tarde devido a baixa da pressão
K	Em torno das 15 e 16 da tarde, por ocorrerem mudanças na pressão atmosférica
L	No fim da tarde ocorre mais rajadas de vento pois há uma instabilidade maior
M	A partir das 3 ou 4 horas da tarde

Fonte: Elaborado pela pesquisa, 2023.

Nota-se pelo que consta no quadro 8 que os acadêmicos tiveram dificuldade para expressar com exatidão na questão de número sete como identificar uma rajada de vento no código METAR. Assim mesmo, cerca de 61,5% deles aproximaram-se de uma resposta completa como é o caso de B, C, D, F, I, J, K e M. Tal fato pode sugerir que houve uma dificuldade generalizada em saber identificar no código meteorológico onde estava exatamente a localização da rajada ou até mesmo como explicar a localização em palavras. Os demais 38,5% não se aproximaram de uma resposta satisfatória.

Quadro 8 - Respostas escritas dos estudantes à questão 7.

Aluno	Resposta escrita dos estudantes à questão 7: Como identificar uma rajada de vento no código METAR?
A	NBCY 00000--
B	Contando 5 algarismos e um número após um "G"
C	5 dígitos se houver rajada aparecera um G e no final terá um kt referente a nó
D	Após a letra G
E	Através do sistema nele embutido que mostra a velocidade do vento em nós
F	Ex.: 310G44. 310 direção e depois de G(GUTS) os nós
G	SBCY 02007G. 020 direção, 07 intensidade, G rajada
H	Haverá 6 dígitos 00000KT, os três primeiros direção, os dois últimos intensidade
I	É simbolizada pela letra G, onde em sua frente mostra a força da rajada
J	Vem seguida do símbolo G, após a direção e intensidade
K	Letra G (gusts), seguida do valor da rajada
L	Pode ser localizado no final do código a velocidade do vento
M	Com a letra G seguido do valor da rajada

Fonte: Elaborado pela pesquisa, 2023.

Finalmente no quadro 9, que mostra as respostas à questão de número 8, todos os estudantes com exceção de I, o que representa aproximadamente 92% do total, apontaram fatores pertinentes à

ocorrência de rajadas de vento. De forma equivocada, I relata que rajadas de vento podem gerar tornados e furacões. Na verdade, quem podem gerá-los são os centros de baixa pressão (ciclones).

Quadro 9 - Respostas escritas dos estudantes à questão 8.

Aluno	Resposta escrita dos estudantes à questão 8: Cite alguns prejuízos causados pelas rajadas de vento
A	Tombamento de árvore, danificação de janelas de vidro. Na aviação pode causar atrasos em voos desde o pouso e decolagem
B	Destelhar imóveis, derrubar árvores, erosão em solo sem vegetação e acamamento de plantações
C	Queda de árvore, poste, aviação, etc
D	Destelhamento, queda de árvores, dificuldades em pouso e decolagem de aviões
E	Destelhamento, tombamento de árvores, erosão do solo. Na área da aviação: pode interferir na hora do pouso
F	Árvores caídas, vidros quebrados, problemas para pousar e decolar o avião
G	Erosão no solo, degradação da vegetação, queda de árvores e danos em moradia como janela e telhado quebrado
H	Árvores caídas, dificuldade na decolagem e pouso do avião, telhas arremessadas, vidros quebrados
I	Pode ser capaz de realizar tornados e furacões, tanto quanto erosão em ambientes naturais
J	Problemas no taxiamento, pouso de aviões, telhas removias do telhado
K	Destelhamento de imóveis
L	Derrubamento de árvores, destelhamentos, dificuldades em pouso do avião
M	Destelhamento de imóveis, árvores derrubadas

Fonte: Elaborado pela pesquisa, 2023.

Resumindo os resultados desta seção, o que se observa é que há um êxito de pelo menos 69% nas respostas dos discentes às questões de número 1, 2, 3, 5, 6 e 8 (seis das oito questões) propostas na avaliação de aprendizagem da atividade.

A questão de número 4, por seu turno, foi respondida adequadamente por 38% dos estudantes e por fim, a questão de número 7 ninguém conseguiu expressar em palavras de maneira precisa a resposta. Talvez no primeiro caso, o problema esteja relacionado à dificuldade de distinguir a entre setores e pontos enquanto que no segundo caso pode ser a falta de familiaridade dos acadêmicos com a linguagem do código meteorológico.

Apesar de tudo, faz-se aqui um balanço positivo da experiência em ensino, pois em 75% das questões (seis das oito), ocorreu um êxito de pelo menos 69% dos discentes na representação da resposta escrita.

Considerações Finais

Este artigo apresentou a realização de uma experiência de ensino sobre o fenômeno meteorológico denominado rajada de vento na disciplina de Física Geral 2 da Engenharia após uma aula de pressão atmosférica em perspectiva meteorológica.

Buscou-se mais especificamente, portanto, definir o conceito, ensinar como reconhecê-las no código meteorológico METAR, identificar com o auxílio da escala Beaufort como saber se ocorreu um ciclone tropical e apresentar uma estatística sobre o fenômeno na cidade.

Assim, tanto o objetivo geral quanto os objetivos específicos foram plenamente atendidos, expondo o potencial da intersecção entre a disciplina de Física com tópicos da área de Meteorologia no sentido de mediar conhecimentos práticos da realidade de vida desses estudantes.

Faz-se aqui um balanço positivo desta experiência em ensino de ciências uma vez que em 75% das questões (seis das oito), ocorreu o êxito de pelo menos 69% dos discentes na representação da resposta escrita.

Julga-se necessária a elaboração de mais experiências de ensino que abordem fenômenos meteorológicos tanto em superfície como em altitude em aulas de Física em toda e qualquer modalidade de ensino, pois é necessário dentro do possível promover a apropriação do conhecimento das pessoas sobre esses tipos de fenômenos para que possam investigar sobre a efetivação de mudanças nas características do meio ambiente.

Referências

Barbano, M. T.; Brunini, O.; Pinto, H. S. (2003). Direção predominante do vento para a localidade de Campinas – SP. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.11, n.1, p.123-128, mar.

Barry, R. G.; Chorley, R. J. (2013). *Atmosfera, Tempo e Clima*. Editora Bookman, Porto Alegre, 9ª edição.

Burgardt, B.; Leite, M. L.; Virgens Filho, J. S. (2011). Direção Horária Predominante e de Rajada de Vento em Localidades dos Campos Gerais do Paraná e Arredores. *Revista Brasileira de Climatologia*. Disponível em <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13599>. Acessado em 28 jan 2023.

Ferreira, V.; Nascimento, E. L. (2016). *Ciência e Natura*, vol. 38, pp. 225-231 Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria, Brasil. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4675/467547689036.pdf>. Acessado em 29 out 2023.

Brasil. Ministério da Defesa. Central de Ajuda. Disponível em: <https://ajuda.decea.mil.br/base-de-conhecimento/como-decodificar-o-metar-e-o-speci/>. Acessado em 28 de out 2023.

Casals, C. Meteorologia em nível Vermelho. S.D Disponível em: <https://www.meteorologiaenred.com/en/Beaufort-scale.html>. Acessado em 28 de outubro de 2023.

Ministério da Defesa Comando da Aeronáutica. *FCA 105-3: Códigos meteorológicos METAR e SPECI*. 2012. Disponível em <http://dca.iag.usp.br/material/ritaynoue/aca-0522/referencias/manual%20METAR.pdf>. Acessado em 28 out 2023.

Ministério da Defesa Comando da Aeronáutica. *ICA 105-15: Estações Meteorológicas de Superfície*. 2021. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-105-15>. Acessado em 28 out 2023.

Silva, J. B.; Zanusso, J. T.; Silveira, D. L. M.; Schons, R. L.; Larroza, E. G. Estudo da direção e velocidade dos ventos em Pelotas, RS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.5, n.2, p.227-235, ago. 1997.

Silva, P. K. O.; Aragão, M. R. S. Correia, M. F. (2009). Rajadas de vento na região metropolitana de Salvador, Bahia. *VI Workshop Brasileiro de Micrometeorologia*. Ciência e Natura Especial, UFSM, pag 185-188. Disponível em <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/9548/5696>. Acessado em 28 out 2023.

Souza, I. M. P.; Souza, T. M.; Souza, J. D. C.; Oliveira, M. C. F.; Nechet, D. (2014). Estudo de Frequência da Ocorrência de Rajada de Vento e seu Papel na Segurança das Operações Aéreas no Aeródromo Internacional de Belém-PA. *Revista Brasileira de Geografia Física*, vol.07, n.06, 1110-1118. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20200321191440/https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/233138/27047>. Acessado em 28 out 2023.

Varejão-Silva, M. A. (2006). *Meteorologia e Climatologia versão digital 2*. Recife.

Wallace, J. M.; Hobbs, P. V. (2006). *Atmospheric Science Na Introductory Survey*. 2ª edição, Editora Elsevier, USA.