

# INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA (INPA)

## CARGO 19: PESQUISADOR ADJUNTO – ESPECIALIDADE: P19 ÁREA DE ATUAÇÃO: MICROMETEOROLOGIA DE ECOSISTEMAS FLORESTAIS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS (MEFMC)

### Prova Discursiva – Questão 1

Aplicação: 24/03/2024

## PADRÃO DE RESPOSTA DEFINITIVO

A camada da atmosfera à qual o enunciado se refere é a camada limite atmosférica (ou planetária). Sua espessura é variável, podendo ter entre um e dois quilômetros. Em função da principal forçante energética, que é a radiação solar que atinge a superfície terrestre, a camada limite atmosférica apresenta também um ciclo diário (ou ciclo diurno) de variação.

A camada limite atmosférica (ou planetária) está representada na figura proposta por quatro subcamadas, sendo a mais elevada, a subcamada (a), denominada atmosfera livre. A parte que vem logo abaixo, a subcamada (b), é a camada de entranhamento, ou zona de entranhamento. Seguindo no mesmo sentido, em direção à superfície terrestre, tem-se a subcamada (c), que é a camada de mistura. Por fim, a subcamada (d) é a que tangencia a superfície, sendo chamada de camada limite superficial.

Os perfis verticais apresentados na figura referem-se ao período diurno (ou ao horário das 15 h, tipicamente), sendo a variável 1 a temperatura do ar e a variável dois a temperatura potencial. É possível chegar a essa conclusão porque o perfil vertical da temperatura potencial não apresenta variação vertical na camada de mistura (subcamada (c)) durante o dia, em função da homogeneidade resultante da mistura de diferentes porções de ar que são transportadas predominantemente na vertical dentro dessa camada, de modo que se observa esse padrão durante o período diurno, tipicamente às 15 h. A turbulência é o processo físico atuante na camada de mistura. Ele é responsável pelo transporte e pela consequente mistura das massas de ar com diferentes temperaturas potenciais, a ponto de produzir uma camada de mistura homogênea com relação a essa variável.

### QUESITOS AVALIADOS

#### QUESITO 2.1 Nome da camada; espessura; escala temporal

Conceito 0 – Não respondeu nenhuma pergunta ou respondeu todas as perguntas incorretamente.

Conceito 1 – Respondeu apenas uma pergunta corretamente.

Conceito 2 – Respondeu apenas duas perguntas corretamente.

Conceito 3 – Respondeu as três perguntas corretamente.

#### QUESITO 2.2 Nomes de todas as subcamadas da CLA

Conceito 0 – Não respondeu nenhuma pergunta ou respondeu todas as perguntas incorretamente.

Conceito 1 – Respondeu corretamente o nome de apenas uma subcamada.

Conceito 2 – Respondeu corretamente os nomes de apenas duas subcamadas.

Conceito 3 – Respondeu corretamente os nomes de apenas três subcamadas.

Conceito 4 – Respondeu corretamente os nomes das quatro subcamadas.

#### QUESITO 2.3 Período; variáveis 1 e 2; homogeneidade vertical; mecanismo de transporte

Conceito 0 – Não respondeu nenhuma pergunta ou respondeu todas as perguntas incorretamente.

Conceito 1 – Respondeu apenas uma pergunta corretamente.

Conceito 2 – Respondeu apenas duas perguntas corretamente.

Conceito 3 – Respondeu apenas três perguntas corretamente.

Conceito 4 – Respondeu todas as perguntas corretamente.

# INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA (INPA)

## CARGO 19: PESQUISADOR ADJUNTO – ESPECIALIDADE: P19 ÁREA DE ATUAÇÃO: MICROMETEOROLOGIA DE ECOSISTEMAS FLORESTAIS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS (MEFMC)

Prova Discursiva – Questão 2

Aplicação: 24/03/2024

### PADRÃO DE RESPOSTA DEFINITIVO

Quando a técnica é empregada para se obter o balanço de energia, é necessário obter os fluxos de calor sensível e de calor latente, utilizando-a.

Para se calcular o fluxo de calor latente, são necessárias medidas de alta frequência da concentração, ou da densidade, do vapor de água e do vento vertical. No caso do fluxo de calor sensível, necessita-se dos dados acerca da temperatura e também do vento vertical, ambos em alta frequência.

Tipicamente, adota-se a frequência de 10 Hz para a realização das referidas amostragens, frequência esta conhecida como alta frequência.

As medidas divergem do esperado porque os instrumentos de medida estão instalados suficientemente acima do que deveriam em relação ao solo, o que faz que o sistema “enxergue” os fluxos não afetados pela superfície de interesse, de modo que o *footprint* está se estendendo além da área de interesse e mostrando os fluxos de calor sensível e latente correspondentes à área de solo nu, e não à área vegetada. Para resolver esse problema, é necessário abaixar os instrumentos, até que estejam dentro da camada de fluxos constantes que sejam representativos da vegetação de interesse, de modo que as medidas correspondam ao *footprint* adequado em relação à área coberta pela referida vegetação.

Além do coletor e armazenador de dados, os equipamentos necessários são o analisador de gás por infravermelho que meça concentrações ou densidades de gás carbônico e de vapor de água e o anemômetro sônico. Os equipamentos devem ser capazes de fornecer as medidas a 10 Hz, pelo menos.

#### QUESITOS AVALIADOS

##### QUESITO 2.1 Fluxos de calor sensível e latente

Conceito 0 – Não respondeu ou respondeu incorretamente.

Conceito 1 – Respondeu corretamente apenas um fluxo de energia.

Conceito 2 – Respondeu corretamente os dois fluxos de energia.

##### QUESITO 2.2 Variáveis para os fluxos de calor sensível e latente

Conceito 0 – Não respondeu ou respondeu incorretamente.

Conceito 1 – Respondeu corretamente apenas uma variável.

Conceito 2 – Respondeu corretamente apenas duas variáveis.

Conceito 3 – Respondeu corretamente as três variáveis.

##### QUESITO 2.3 Frequência típica de amostragem

Conceito 0 – Não respondeu ou respondeu incorretamente.

Conceito 1 – Respondeu corretamente a pergunta.

##### QUESITO 2.4 Exemplo de observação de fluxos com resultados errôneos e solução

Conceito 0 – Não respondeu ou respondeu todas as perguntas incorretamente.

Conceito 1 – Respondeu corretamente apenas uma das perguntas.

Conceito 2 – Respondeu corretamente as duas perguntas.

##### QUESITO 2.5 Equipamentos para a realização das medidas de produtividade da vegetação por meio das medidas de fluxos turbulentos

Conceito 0 – Não respondeu ou respondeu todas as perguntas incorretamente.

Conceito 1 – Respondeu corretamente o nome de apenas um equipamento.

Conceito 2 – Respondeu corretamente os nomes dos dois equipamentos.

# INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA (INPA)

## CARGO 19: PESQUISADOR ADJUNTO – ESPECIALIDADE: P19 ÁREA DE ATUAÇÃO: MICROMETEOROLOGIA DE ECOSISTEMAS FLORESTAIS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS (MEFMC)

### Prova Discursiva – Questão 3

Aplicação: 24/03/2024

## PADRÃO DE RESPOSTA DEFINITIVO

### Aspectos fundamentais e operacionais de cada método

O método da covariância de vórtices turbulentos (CVT) é hoje o mais utilizado nas pesquisas sobre a interação biosfera-atmosfera. Seu princípio de funcionamento é baseado na covariância entre as flutuações da velocidade vertical do vento com as flutuações turbulentas de outras variáveis, como a velocidade horizontal do vento, vapor d'água, dióxido de carbono, entre outras. Esse método exige que se façam medidas em alta frequência, em geral em torno de 10 Hz, para que se capturem os vórtices turbulentos em diversas escalas espaciais e temporais que fazem parte de um escoamento turbulento. Essas medidas são posteriormente processadas em médias de 30-60 minutos para que se possam estimar os ciclos diários e anuais de fluxos de diversas variáveis.

O método do fluxo-gradiente é mais antigo, porém ainda bastante útil em medidas de fluxos de gases, principalmente sobre ecossistemas agrícolas. O seu princípio de funcionamento é baseado na relação linear entre o fluxo e o gradiente vertical da variável de interesse. O gradiente deve ser medido em pelo menos duas alturas sobre a vegetação. Na relação linear, são usados constantes e parâmetros provenientes da teoria da similaridade. Esse método permite que se calcule o fluxo de gases com medidas de baixa frequência, geralmente em um perfil vertical sobre a vegetação, e é útil para a medida de fluxo de gases que não podem ser medidos por instrumentação de resposta rápida, inviabilizada a aplicação do método CVT.

### Particularidades das medidas feitas em florestas sob baixa turbulência

Um dos fundamentos do método CVT é existência de um escoamento turbulento que transporte parcelas de ar pela instrumentação no topo da torre. Períodos noturnos são caracterizados por estabilidade atmosférica e baixa turbulência. Como consequência, medidas sob essas condições são subestimadas, já que não há turbulência carregando parcelas de ar do chão da floresta até o sistema de fluxos no topo da torre. Isso afeta principalmente o fluxo de CO<sub>2</sub> noturno, já que a respiração do solo não é medida pelo sistema de fluxos.

Uma solução para esse problema é a instalação de um perfil vertical de medidas de CO<sub>2</sub>, para possibilitar que se calcule o termo de armazenamento de CO<sub>2</sub> sob o sistema de fluxos. Esse termo vai ser maior em condições de baixa turbulência, complementando, assim, a subestimação pelo método CVT.

Outra solução é usar um filtro de velocidade de fricção ( $u^*$ ), uma medida da turbulência e cisalhamento do vento. Em geral, fluxos noturnos aumentam de forma linear com o aumento da turbulência, medida por  $u^*$ , até alcançar um valor constante. Por essa relação, é possível identificar um limiar de  $u^*$  abaixo do qual os fluxos são subestimados. Esses fluxos são então removidos da base de dados e posteriormente substituídos por valores modelados.

## QUESITOS AVALIADOS

### QUESITO 2.1 Aspectos fundamentais e operacionais de cada método

Conceito 0 – Não abordou o tema.

Conceito 1 – Apresentou os aspectos fundamentais e operacionais do método fluxo-gradiente, somente.

Conceito 2 – Apresentou os aspectos fundamentais e operacionais do método de covariância de vórtices turbulentos, somente.

Conceito 3 – Apresentou os aspectos fundamentais e operacionais dos dois métodos.

### QUESITO 2.2 Particularidades das medidas feitas em florestas sob baixa turbulência

Conceito 0 – Não abordou o tema.

Conceito 1 – Apenas apresentou uma solução.

Conceito 2 – Explicou o problema e apresentou uma solução (perfil de CO<sub>2</sub>, filtro de  $u^*$  ou outra).

Conceito 3 – Explicou o problema e apresentou mais de uma solução (perfil de CO<sub>2</sub>, filtro de  $u^*$  e(ou) outras).

# INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA (INPA)

## CARGO 19: PESQUISADOR ADJUNTO – ESPECIALIDADE: P19 ÁREA DE ATUAÇÃO: MICROMETEOROLOGIA DE ECOSISTEMAS FLORESTAIS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS (MEFMC)

Prova Discursiva – Questão 4

Aplicação: 24/03/2024

### PADRÃO DE RESPOSTA DEFINITIVO

Uma parcela de ar, ao ascender na atmosfera, se resfria devido à expansão adiabática, por ir de níveis inferiores, com maior pressão, para níveis superiores, com menor pressão.  $\Gamma_d$  representa a taxa de decaimento da temperatura com a altura, quando a parcela não está saturada ( $UR < 100\%$ ), já  $\Gamma_s$  diz respeito a quando ela está saturada ( $UR = 100\%$ ). Conforme se pode observar na figura,  $\Gamma_d$  está em torno de  $1\text{ }^\circ\text{C}$  para cada 100 metros de ascensão, e  $\Gamma_s$  está em torno de  $0,5\text{ }^\circ\text{C}/100\text{ m}$ .  $\Gamma_s$  é menor que  $\Gamma_d$  porque o calor latente liberado na parcela resultará em um menor decaimento da temperatura com a altura.

O NCL é o nível em que a parcela, ao acender, atinge a saturação ( $UR = 100\%$ ). Antes da ocorrência da chuva, esse nível é de 900 metros.

$T_d$  é a temperatura que o ar teria se estivesse saturado. Conforme se pode observar na figura,  $T_d$ , antes da ocorrência da chuva, era de  $21\text{ }^\circ\text{C}$ , que é a temperatura da parcela no NCL. Após a ocorrência da chuva e a consequente perda de todo o vapor que foi condensado,  $T_d$  passou a ser de  $18\text{ }^\circ\text{C}$ .

A parcela de ar ficou 3 graus mais quente devido ao calor latente liberado durante o processo de condensação. Como o conteúdo de água líquida foi totalmente removido da parcela pela chuva, não ocorreu evaporação durante a sua descida. Dessa forma, toda a energia proveniente do calor latente foi utilizada para aquecer a parcela.

Se não ocorrer precipitação, todo o calor latente liberado durante a subida da parcela será utilizado para a evaporação durante a sua descida. Dessa forma, tanto a temperatura quanto a umidade serão as mesmas da condição inicial.

Se o ambiente estivesse condicionalmente instável, após ultrapassar o NCL (900 metros), a taxa de resfriamento da parcela seria menor que a do ambiente ( $\Gamma_s < \Gamma$ ). Consequentemente, a parcela passaria a ter temperatura maior que a do ambiente, de forma que o empuxo iria fazê-la continuar a subir, independentemente da existência da montanha. Ou seja, a parcela não iria descer após transpor a montanha.

#### QUESITOS AVALIADOS

##### QUESITO 2.1 *Lapse rates*

Conceito 0 – Não respondeu ou respondeu incorretamente todas as perguntas.

Conceito 1 – Respondeu corretamente apenas uma das perguntas.

Conceito 2 – Respondeu corretamente apenas duas perguntas.

Conceito 3 – Respondeu corretamente apenas três perguntas.

Conceito 4 – Respondeu corretamente todas as perguntas.

##### QUESITO 2.2 NCL

Conceito 0 – Não respondeu ou respondeu incorretamente o que é NCL (mesmo que tenha informado o nível correto, ou seja, o(a) candidato(a) não será pontuado(a) nesse quesito se não definir NCL).

Conceito 1 – Definiu corretamente NCL, mas não respondeu ou não informou o nível correto.

Conceito 2 – Definiu corretamente NCL e informou que o seu valor é de  $\sim 900\text{ m}$  (o nível informado deve ser próximo de 900 m, permitida uma variação de até 100 m para baixo ou para cima).

##### QUESITO 2.3 $T_d$

Conceito 0 – Não respondeu ou respondeu incorretamente todas as perguntas.

Conceito 1 – Respondeu corretamente apenas uma das perguntas.

Conceito 2 – Respondeu corretamente apenas duas das perguntas.

Conceito 3 – Respondeu corretamente todas as perguntas (admitidas variações no valor de  $T_d$  de até 0,5 graus para cima ou para baixo).

**QUESITO 2.4 Aquecimento da parcela**

Conceito 0 – Não respondeu ou não comentou sobre a liberação do calor latente.

Conceito 1 – Fez menção à liberação do calor latente, mas não explicou corretamente.

Conceito 2 – Fez menção à liberação do calor latente e explicou corretamente.

**QUESITO 2.5 Circunstância sem chuva**

Conceito 0 – Não respondeu ou respondeu que a temperatura e(ou) a umidade seriam diferentes da condição inicial.

Conceito 1 – Respondeu que a temperatura e a umidade não se alterarão, mas não explicou de forma correta.

Conceito 2 – Respondeu corretamente.

**QUESITO 2.6 Ambiente condicionalmente instável**

Conceito 0 – Não respondeu ou não respondeu que a parcela continuaria a subir.

Conceito 1 – Respondeu que a parcela continuaria a subir, mas não explicou corretamente.

Conceito 2 – Respondeu corretamente.