Cebraspe
Centro Brasileiro de Pesquisa em Avaliação e Seleção e de Promoção de Eventos

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO MARANHÃO (TCE/MA)

CARGO 4: ANALISTA ESTADUAL DE APOIO AO CONTROLE EXTERNO
ÁREA: APOIO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO
ESPECIALIDADE: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Prova Discursiva – Peça técnica

Aplicação: 22/11/2026

PADRÃO DE RESPOSTA

1) TÍTULO

O(A) candidato(a) deve dar um título adequado ao relatório, de acordo com a situação descrita, o qual sintetize o objeto de análise, como, por exemplo, o seguinte: **Relatório técnico de análise de estratégias de mitigação para solucionar redução de disponibilidade de sistema de telecomunicação em situações de chuva**.

2) INTRODUÇÃO

Na introdução, espera-se que o(a) candidato(a) redija um parágrafo acerca da finalidade do trabalho, que contempla a análise de quatro estratégias de mitigação e sua aplicabilidade para o atingimento das duas metas descritas na situação hipotética.

3) ANÁLISE

A seguir, são analisadas todas as estratégias propostas, das quais o(a) candidato(a) deverá selecionar quatro como objeto de sua análise.

O **aumento do diâmetro** aumenta o ganho da antena receptora e melhora a relação portadora-ruído, permitindo obter maior margem de desvanecimento sem necessariamente elevar a potência de transmissão, porém pode exigir substituição da antena, reforço estrutural, novo apontamento e adequação da instalação. A complexidade de implantação é média, uma vez que o espaço disponível, a carga de vento, a estrutura de suporte, a precisão do apontamento e a compatibilidade com os equipamentos existentes devem ser considerados. Espera-se, com essa implementação, um alto efeito para o enlace de decida, desde que o ganho adicional proporcione margem efetiva suficiente para compensar parte da atenuação por chuva.

O **aumento da potência de transmissão ou da EIRP** permite compensar parte da atenuação por chuva mediante o aumento da potência transmitida, mas pode aumentar o consumo de energia e exigir amplificadores de maior potência. A complexidade de implantação pode ser considerada de baixa a alta, dependendo da infraestrutura existente. Espera-se, com essa implementação, um efeito médio a alto, dependendo da potência adicional admissível e do enlace afetado.

A **redução das perdas na alimentação e nos componentes de radiofrequência** melhora o desempenho do enlace sem necessariamente aumentar a potência de transmissão ou o diâmetro da antena e pode permitir o aproveitamento da infraestrutura existente, mas o ganho pode ser pequeno quando as perdas já são reduzidas. Eventualmente, será necessário substituir cabos, conectores, guias de onda ou outros componentes. Além disso, essa estratégia não elimina a atenuação atmosférica, e o benefício depende das perdas que podem efetivamente ser reduzidas. A complexidade de implantação é considerada de baixa a média e, espera-se, com essa implementação, um efeito baixo a médio, podendo apresentar uma relação custo-benefício bastante favorável.

A **melhoria do apontamento e da instalação da antena** recupera o ganho perdido por desalinhamento e permite aproveitar melhor o desempenho nominal da antena, mas pode exigir equipe especializada, instrumentos de medição e nova verificação após alterações estruturais e, também, não aumenta o ganho nominal da antena nem compensa grandes atenuações por chuva e o benefício depende da existência de perdas decorrentes de uma instalação inadequada. A complexidade de implantação é considerada de baixa a média e, espera-se, com essa implementação, um efeito baixo a médio, podendo ser alto quando o desalinhamento inicial é significativo.

A **implementação de modulação e codificação adaptativas (ACM)** adapta a modulação e a codificação às condições do enlace, permitindo manter a comunicação em condições de menor relação portadora-ruído. Também possibilita aproveitar melhor a capacidade em condições favoráveis, porém a taxa de transmissão diminui quando o sistema utiliza configurações mais robustas. A implementação depende da compatibilidade dos *modems* e da configuração adequada dos parâmetros de adaptação. A taxa mínima disponível durante a chuva pode ser inferior à demanda das aplicações. O ACM não elimina a atenuação nem garante capacidade suficiente durante eventos severos. A complexidade de implantação é considerada de baixa a média quando os equipamentos já suportam ACM, e alta quando é necessária a atualização ou substituição dos equipamentos. Espera-se, com essa implementação, um efeito alto na disponibilidade, quando for possível manter o enlace em operação em modos mais robustos; e um efeito variável na capacidade útil, pois o mecanismo pode preservar uma taxa mínima de transmissão, mas a capacidade disponível diminui à medida que o enlace se degrada.

A **adoção de medidas de controle de potência de transmissão (TPC)** ajusta a potência transmitida conforme as condições do enlace, podendo compensar parte da degradação causada pela chuva e utilizar potência adicional somente quando necessário, mas pode aumentar o consumo de energia e exigir mecanismos de monitoramento, controle e coordenação com a

rede de satélite e a potência máxima dos amplificadores, os limites de EIRP, a interferência em outros enlaces, a linearidade dos transmissores e as limitações do enlace de descida são limitações conhecidas desse tipo de adoção. A complexidade de implantação é média quando os equipamentos já suportam o mecanismo; e alta quando são necessários novos amplificadores, *modems* ou sistemas de controle. Espera-se, com essa implementação, efeito na disponibilidade médio a alto, quando existir reserva de potência suficiente para compensar parte da atenuação; e um efeito médio na capacidade útil, pois o mecanismo pode preservar a taxa de transmissão em determinadas condições, mas não aumenta necessariamente a largura de banda disponível. O controle de potência deve ser analisado separadamente para os enlaces de subida e de descida. O aumento da potência de transmissão da estação terrena pode melhorar o enlace de subida, mas não corrige automaticamente as limitações do enlace de descida. A equipe deverá comparar o desempenho sem controle de potência, com controle de potência e com a combinação de TPC e ACM.

A **adoção de diversidade de estações terrenas** (*site diversity*) permite transferir o tráfego para uma estação alternativa quando a principal sofre forte atenuação por chuva, mas exige segunda estação, conectividade, mecanismos de comutação e recursos disponíveis no sistema satelital. Depende da separação geográfica entre as estações, da correlação entre os eventos de chuva, da cobertura satelital e da disponibilidade de capacidade alternativa. A complexidade de implantação é considerada alta e espera-se, com a implementação dessa solução, um efeito muito alto para a disponibilidade, quando os enlaces são suficientemente independentes e a comutação funciona adequadamente.

A **adoção de diversidade de satélite ou de caminho espacial** possibilita utilizar outro satélite ou caminho espacial, potencialmente com recursos e condições de propagação diferentes, mas pode exigir antena adicional, contratação de capacidade, configuração de rede e coordenação operacional. O caminho alternativo precisa oferecer cobertura, capacidade e disponibilidade adequadas e a chuva local pode afetar simultaneamente os dois caminhos. A complexidade de implantação é considerada alta e espera-se, com a adoção dessa solução, um efeito alto, quando existir independência efetiva entre os caminhos e capacidade alternativa suficiente.

A **adoção de métodos de compressão, *cache*, deduplicação e otimização do tráfego** reduz o volume de dados transmitidos, evita transferências repetidas e melhora o aproveitamento da capacidade disponível, mas exige compatibilidade com as aplicações e, eventualmente, servidores ou equipamentos adicionais e o benefício é limitado para dados já comprimidos, criptografados ou que não possam ser armazenados em *cache*. A complexidade de implantação é baixa a média e espera-se, com a adoção dessa solução, um efeito médio a alto para a redução da demanda efetiva de capacidade.

A **adoção de roteamento dinâmico e balanceamento de carga** permite selecionar caminhos alternativos, distribuir tráfego e realizar comutação em caso de falha, porém exige múltiplos caminhos efetivamente disponíveis e mecanismos de detecção de falhas e recuperação e não cria capacidade nem diversidade quando todos os caminhos dependem da mesma infraestrutura. A complexidade da implantação é considerada média a alta e espera-se, com a adoção dessa solução, um efeito alto na disponibilidade, quando existirem rotas independentes com capacidade suficiente.

QUESITOS AVALIADOS

Quesito 2.1 – Título e introdução
Conceito 0 – Não apresentou título nem introdução ou o fez de forma totalmente inadequada.
Conceito 1 – Apresentou título, mas não apresentou introdução, ou o fez de forma totalmente inadequada.
Conceito 2 – Apresentou título e introdução, contendo as principais finalidades do trabalho.

Quesito 2.2 – Análise da estratégia 1
Conceito 0 – Não analisou a estratégia escolhida ou o fez de forma totalmente inadequada.
Conceito 1 – Apresentou, corretamente, apenas um dos seguintes aspectos: (i) uma vantagem; (ii) uma desvantagem; (iii) sua complexidade de implantação; e (iv) o efeito esperado.
Conceito 2 – Apresentou corretamente dois dos aspectos enumerados.
Conceito 3 – Apresentou corretamente três dos aspectos enumerados.
Conceito 4 – Apresentou corretamente os quatro aspectos enumerados.

Quesito 2.3 – Análise da estratégia 2
Conceito 0 – Não analisou a estratégia escolhida ou o fez de forma totalmente inadequada.
Conceito 1 – Apresentou, corretamente, apenas um dos seguintes aspectos: (i) uma vantagem; (ii) uma desvantagem; (iii) sua complexidade de implantação; e (iv) o efeito esperado.
Conceito 2 – Apresentou corretamente dois dos aspectos enumerados.
Conceito 3 – Apresentou corretamente três dos aspectos enumerados.
Conceito 4 – Apresentou corretamente os quatro aspectos enumerados.

Quesito 2.4 – Análise da estratégia 3
Conceito 0 – Não analisou a estratégia escolhida ou o fez de forma totalmente inadequada.
Conceito 1 – Apresentou, corretamente, apenas um dos seguintes aspectos: (i) uma vantagem; (ii) uma desvantagem; (iii) sua complexidade de implantação; e (iv) o efeito esperado.
Conceito 2 – Apresentou corretamente dois dos aspectos enumerados.
Conceito 3 – Apresentou corretamente três dos aspectos enumerados.
Conceito 4 – Apresentou corretamente os quatro aspectos enumerados.

Quesito 2.5 – Análise da estratégia 4
Conceito 0 – Não analisou a estratégia escolhida ou o fez de forma totalmente inadequada.

Conceito 1 – Apresentou, corretamente, apenas um dos seguintes aspectos: (i) uma vantagem; (ii) uma desvantagem; (iii) sua complexidade de implantação; e (iv) o efeito esperado.
Conceito 2 – Apresentou corretamente dois dos aspectos enumerados.
Conceito 3 – Apresentou corretamente três dos aspectos enumerados.
Conceito 4 – Apresentou corretamente os quatro aspectos enumerados.

Cebraspe
Centro Brasileiro de Pesquisa em Avaliação e Seleção e de Promoção de Eventos

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO MARANHÃO (TCE/MA)

CARGO 4: ANALISTA ESTADUAL DE APOIO AO CONTROLE EXTERNO
ÁREA: APOIO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO
ESPECIALIDADE: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Prova Discursiva – Questão 1

Aplicação: 22/11/2026

PADRÃO DE RESPOSTA

A modulação QAM (modulação de amplitude em quadratura) é uma técnica de modulação digital que permite a transmissão de vários *bits* em cada símbolo. Diferentemente do AM, a QAM combina variações de amplitude e de fase para representar os dados digitais. A informação é transmitida na QAM utilizando-se duas portadoras senoidais de mesma frequência, mas defasadas de 90° entre si, razão pela qual são chamadas de componentes em quadratura, sendo uma delas chamada de componente I (em fase) e a outra componente Q (quadratura). Assim, como as componentes são ortogonais, e idealmente podem transportar informações diferentes, simultaneamente, sem interferir uma na outra. Na QAM, combinações diferentes dos valores de I e Q produzem sinais com diferentes amplitudes e fases e cada uma dessas combinações corresponde a um símbolo, que é representado graficamente através de um diagrama de constelação. Por exemplo, uma constelação 16-QAM possui 16 pontos possíveis, ou seja, 16 símbolos. Cada símbolo representa 4 *bits*, pois $\log_2(16) = 4$ *bits*. Assim, cada sequência de quatro *bits* é associada a um ponto específico da constelação. Como diversos *bits* são representados por um único símbolo, é possível transmitir uma quantidade elevada de informação sem aumentar proporcionalmente a taxa de símbolos.

A multiplexação por divisão de frequências ortogonais (OFDM – *orthogonal frequency division multiplexing*) corresponde à técnica pela qual um fluxo de dados de alta velocidade é dividido em vários fluxos de dados de menor velocidade, sendo cada um deles transmitido simultaneamente por uma subportadora diferente. A característica fundamental do OFDM é que essas subportadoras são ortogonais entre si. Essa ortogonalidade permite que seus espectros se sobreponham sem que, idealmente, uma subportadora interfira na outra. Com isso, o sistema consegue utilizar o espectro de frequências de maneira bastante eficiente. Na multiplexação OFDM, um fluxo de *bits* é dividido em vários grupos, e cada grupo é convertido em símbolos. No sistema proposto, isso é feito pela modulação digital 16-QAM e esses símbolos são associados às diferentes subportadoras do sistema OFDM, que são transmitidas simultaneamente, e a ortogonalidade entre elas garante a recepção e recuperação do sinal original.

As principais vantagens da utilização da combinação QAM e OFDM são listadas a seguir, devendo o(a) candidato(a) citar pelo menos duas: i) melhor qualidade potencial de áudio; ii) correção de erros; iii) maior eficiência espectral; iv) melhor tratamento de multipercursos; v) transmissão simultânea de áudio e dados; vi) possibilidade de múltiplos serviços; vii) flexibilidade entre robustez e capacidade; viii) processamento digital avançado.

As principais desvantagens são listadas a seguir, devendo o(a) candidato(a) citar pelo menos duas: i) maior complexidade no sistema novo; ii) necessidade de receptores novos; iii) custo de migração associado; iv) *digital cliff* ou penhasco digital (no sistema AM, na medida em que o receptor se afasta da antena, a recepção vai ficando progressivamente pior, mas o ouvinte pode continuar entendendo a fala mesmo com bastante ruído; no caso do sistema digital, na mesma situação de afastamento progressivo, há um momento em que o decodificador não consegue mais reconstruir os dados, causando interrupções e perda de áudio); v) necessidade rigorosa de sincronização no sistema digital; vi) os picos no OFDM podem gerar saturação no amplificador de potência do transmissor, o que acarreta distorção, intermodulação; vii) degradação da constelação e aumento de emissões indesejadas (pode ser necessário utilizar o amplificador operando com *back-off*, ou seja, afastado da saturação, o que afeta a eficiência energética do estágio de potência); viii) maiores exigências de linearidade no transmissor; e ix) necessidade de planejamento muito cuidadoso na cobertura.

QUESITOS AVALIADOS

Quesito 2.1 – Modulação QAM
Conceito 0 – Não abordou o quesito ou o fez de forma totalmente equivocada.
Conceito 1 – Abordou corretamente apenas um dos seguintes aspectos: (i) conceito de QAM; (ii) componentes de modulação da QAM; (iii) constelação 16-QAM;
Conceito 2 – Abordou corretamente dois dos aspectos enumerados.
Conceito 3 – Abordou corretamente os três aspectos enumerados.

Quesito 2.2 – Multiplexação OFDM
Conceito 0 – Não abordou o quesito ou o fez de forma totalmente equivocada.

Conceito 1 – Abordou corretamente apenas um dos seguintes aspectos: (i) conceito de OFMD; (ii) ortogonalidade das subportadoras; (iii) processo de multiplexação.
Conceito 2 – Abordou corretamente dois dos aspectos enumerados.
Conceito 3 – Abordou corretamente os três aspectos enumerados.

Quesito 2.3 – Vantagens e desvantagens da migração proposta
Conceito 0 – Não abordou o quesito ou o fez de forma totalmente equivocada.
Conceito 1 – Apresentou corretamente apenas um dos quatro elementos solicitados (duas vantagens e duas desvantagens da QAM em relação ao sistema AM).
Conceito 2 – Apresentou corretamente dois dos quatro elementos solicitados.
Conceito 3 – Apresentou corretamente três dos quatro elementos solicitados.
Conceito 4 – Apresentou corretamente os quatro elementos solicitados.

Cebraspe
Centro Brasileiro de Pesquisa em Avaliação e Seleção e de Promoção de Eventos

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO MARANHÃO (TCE/MA)

CARGO 4: ANALISTA ESTADUAL DE APOIO AO CONTROLE EXTERNO
ÁREA: APOIO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO
ESPECIALIDADE: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Prova Discursiva – Questão 2

Aplicação: 22/11/2026

PADRÃO DE RESPOSTA

Em malha aberta, o ganho (*A*) é alto, porém instável: varia com temperatura, alimentação e lote do componente. Se o sinal do sensor passasse por esse ganho antes da amostragem, a mesma grandeza geraria códigos diferentes conforme a condição, tornando a amostragem não confiável. A realimentação negativa resolve isso: o ganho passa a ser $A_f = \frac{A}{1+A\beta}$ e, com ganho de laço $T = A\beta$ muito maior que 1, tende a $A_f \approx \frac{1}{\beta}$, dependendo apenas dos resistores externos, que são precisos e estáveis. O laço compara a saída com a entrada e corrige qualquer desvio, impedindo o crescimento descontrolado (*runaway*). Assim, o sinal entregue ao conversor fica estável, repetível e proporcional ao mensurando.

A realimentação negativa reduz o ganho pelo fator (1 + A·β), mas cada perda vira ganho para o sinal amostrado. A largura de banda aumenta na mesma proporção (produto ganho-banda constante), preservando as frequências do sinal sem atenuação. A distorção e as não linearidades caem, pois o erro interno é realimentado em oposição de fase e cancelado na saída. A impedância de entrada cresce na configuração não inversora, evitando que o amplificador carregue o sensor; a impedância de saída cai, permitindo acionar a entrada do conversor A/D sem queda durante a amostragem. Quanto maior o ganho de laço $T = A\beta$, mais intensos são esses efeitos.

Com realimentação negativa, a tensão diferencial tende a zero ($v_d = \frac{v_o}{A}$): na configuração inversora, com a não inversora aterrada, a entrada inversora fica em terra virtual; na configuração não inversora, as entradas assumem o mesmo potencial. Isso preserva a tensão do sensor, pois o nó de entrada não drena corrente. No amplificador real, porém, o ganho finito deixa erro residual (vo/A); o *offset* e as correntes de polarização introduzem erro DC com deriva térmica; a *slew rate* limita grandes sinais em alta frequência; e o produto ganho-banda reduz o ganho nas frequências altas. Por isso, o laço deve manter ganho elevado nas frequências de interesse, para que o erro fique abaixo do passo de quantização e cada amostra seja fiel. Sem realimentação negativa, todos esses erros internos apareceriam amplificados na saída e o sinal amostrado não representaria o mensurando; com ela, o erro residual fica abaixo do passo de quantização, condição necessária e suficiente para a amostra ser estável e fiel. O(A) candidato(a) deve fechar o raciocínio afirmando que a estabilidade do sinal amostrado decorre diretamente do mecanismo de comparação e correção contínua do laço.

QUESITOS AVALIADOS

Quesito 2.1 – Ganho de malha aberta e realimentação negativa

Conceito 0 – Não explicou por que a realimentação negativa estabilizou o ganho na situação apresentada nem abordou corretamente a vantagem da realimentação negativa no controle do ganho de laço.

Conceito 1 – Explicou por que a realimentação negativa estabilizou o ganho na situação apresentada de forma parcialmente correta, mas não abordou a vantagem da realimentação negativa no controle do ganho de laço ou o fez de forma incorreta.

Conceito 2 – Explicou corretamente por que a realimentação negativa estabilizou o ganho na situação apresentada, mas não abordou a vantagem da realimentação negativa no controle do ganho de laço ou o fez de forma incorreta.

Conceito 3 – Explicou corretamente por que a realimentação negativa estabilizou o ganho na situação apresentada, mas abordou a vantagem da realimentação negativa no controle do ganho de laço de forma parcialmente correta.

Conceito 4 – Explicou corretamente por que a realimentação negativa estabilizou o ganho na situação apresentada, bem como abordou corretamente a vantagem da realimentação negativa no controle do ganho de laço.

Quesito 2.2 – Efeitos da realimentação negativa

Conceito 0 – Não analisou corretamente os efeitos da realimentação negativa sobre nenhum dos parâmetros cobrados, nem relacionou cada efeito à fração de realimentação.

Conceito 1 – Analisou corretamente e relacionou à fração de realimentação os efeitos sobre apenas um dos parâmetros (largura de banda; distorção; impedância de entrada e saída).

Conceito 2 – Analisou corretamente e relacionou à fração de realimentação os efeitos sobre apenas dois dos parâmetros.

Conceito 3 – Analisou corretamente e relacionou à fração de realimentação os efeitos sobre os três parâmetros.

Quesito 2.3 – Terra virtual e limitações práticas do amplificador real

Conceito 0 – Não explicou corretamente o conceito de terra virtual nem discutiu corretamente as limitações práticas do amplificador real.

Conceito 1 – Atendeu adequadamente a apenas um dos seguintes requisitos: (i) explicação do conceito de terra virtual na configuração inversora e (ii) na configuração não inversora; (iii) abordagem de uma limitação prática; (iv) abordagem de outra limitação prática.

Conceito 2 – Atendeu adequadamente a apenas dois dos requisitos enumerados.

Conceito 3 – Atendeu adequadamente a apenas três dos requisitos enumerados.

Conceito 4 – Atendeu adequadamente a todos os requisitos enumerados.