**3. b) Briefly describe the microgrid behavior.**

A microrede analisada inclui duas cargas distintas: uma de corrente constante (Ios) e outra de potência constante (Iop). Cada uma afeta o sistema de forma diferente e isso é claramente visível na simulação.

A carga Ios comporta-se como uma fonte de corrente ideal, ou seja, fornece uma corrente constante independentemente da tensão de saída Vo. Como a potência fornecida é Po = Vo \* Io, então dPo/dVo = Io > 0. Isso significa que, se Vo descer, a potência também desce proporcionalmente, o que não causa instabilidade. Esta carga atua, portanto, de forma passiva e estabilizadora.

Por outro lado, a carga Iop tenta manter a sua potência constante. Isso significa que, se Vo diminuir, a corrente tem de aumentar para manter Po constante (Io = Po / Vo). Este comportamento introduz um efeito de realimentação positiva e equivale a uma resistência negativa, pois dVo/dIo = -Vo / Io < 0. O resultado é que pequenas descidas na tensão são amplificadas, provocando oscilações, como se observa na simulação após o fecho do interruptor em t = 0.02 s.

Antes da comutação, o sistema encontra-se estável, com a tensão de saída e as correntes bem comportadas. Após ligar a carga de potência constante, surgem oscilações em Vo e nas correntes, o que mostra a dificuldade da microrede, em malha aberta, em lidar com este tipo de carga.

Em resumo, o comportamento da microrede é estável com a carga de corrente constante, mas torna-se instável com a carga de potência constante. Isto mostra a importância de ter controlo ativo para garantir uma boa regulação da tensão em sistemas DC com cargas eletrónicas.

**3. d) Briefly describe the microgrid behavior, measure Vo, Pi, Po and justify the results.**

Com base nos resultados obtidos na simulação da alínea 3c), o comportamento da microrede evidencia uma melhoria significativa em relação à alínea anterior. Nesta simulação, foi retirada a carga de corrente constante (Ios) e manteve-se apenas a carga de potência constante (Iop), configurada para absorver 25% da potência nominal, enquanto uma resistência foi ajustada para absorver os restantes 75%. Esta divisão mais equilibrada entre as cargas permite observar um sistema com comportamento mais estável.

Os valores médios medidos foram: Vo = 44.3 V | Pi = 1443 W | Po = 1340 W | Eficiência η = 0.9282 (ou seja, ~92.8%)

O sistema apresenta um ligeiro desvio em Vo face ao valor nominal de 48 V, o que é justificado pelas perdas resistivas internas e pela presença da carga de potência constante, que tende a amplificar variações de tensão. No entanto, como a carga de corrente foi retirada, a tendência para oscilações foi reduzida e o sistema apresenta uma resposta amortecida, estabilizando após o transiente inicial.

A diferença entre Pi e Po (103 W) representa as perdas internas do conversor, nomeadamente perdas por condução (resistência do indutor, MOSFETs, diodo) e perdas no snubber, o que justifica uma eficiência inferior a 100%. A eficiência de 92.8% é aceitável e está em linha com o valor esperado para conversores de potência em condições práticas.

Em resumo, a microrede nesta configuração mantém um comportamento globalmente estável. A tensão Vo sofre uma perturbação transitória quando a carga de potência é conectada, mas o sistema consegue recuperar e estabilizar, apesar de estar em malha aberta. A repartição da carga entre uma resistência e uma fonte de potência constante permitiu atenuar o efeito desestabilizador típico das cargas eletrónicas, melhorando a regulação da tensão e mantendo bons níveis de eficiência.

**3. f) After obtaining the maximum constant power capability of the microgrid, write the values of Vo, iLf, Ios, Iop, iload, final Rmax, and describe your findings. Compare to the result obtained by increasing the Time delay of the constant power load to Td= 8/(2\*fpwm).**

Após determinar a capacidade máxima de carga de potência constante da microrede com Td = 1/(2\*fpwm), realizámos novamente o exercício com Td = 8/(2\*fpwm) para verificar o impacto do tempo de ativação da carga de potência na estabilidade do sistema.

Para pr = 0.61 e Ios = Po/2/Vo ≈ 15.625 A, obtivemos os seguintes resultados: Vo = 42.6 V | iLf (média) ≈ 44 A | Ios = 15.6 A | Iop = 4.46 A | Po = 1979 W | Pi = 2213 W | Eficiência η ≈ 0.8943 | Rmax = 2.518 Ω

Ao repetir a simulação com Td = 8/(2\*fpwm), foi possível reduzir Ios (logo, aumentar a potência da carga de potência constante Iop), mantendo a estabilidade do sistema. Por exemplo, com pr = 0.44, a simulação ficou "semi-estável", com os seguintes resultados: Vo = 42.6 V | Po = 2026 W | Pi = 2272 W | Eficiência η ≈ 0.8916 | Rmax = 3.4909 Ω

Estes valores mostram que a utilização de um tempo de delay maior permite carregar cargas de potência constante mais elevadas sem provocar instabilidade. Isto acontece porque o atraso na ligação da carga de potência introduz um efeito de "soft start", permitindo que a microrede se adapte gradualmente ao aumento da corrente, reduzindo o impacto abrupto sobre Vo e evitando oscilações excessivas.

Concluímos que o aumento do tempo de delay melhora significativamente a capacidade da microrede para suportar cargas de potência constante, ao mesmo tempo que mantém a eficiência elevada e os valores de Vo dentro de limites aceitáveis para operação segura.