

Revista

DIVEOPS

2025 - Edição nº 20

GRUPO MEC

55 Anos



ÍNDICE

Março



AVISO:

"Todas as reportagens publicadas nesta revista são de responsabilidade exclusiva de seus respectivos autores, e não necessariamente refletem a opinião ou a posição editorial da publicação. Os autores são integralmente responsáveis pelo conteúdo, precisão e autenticidade de seus textos, bem como pelas opiniões expressas nas reportagens."

CAPA

18 55 Anos do GRUMEC

MATÉRIAS

6 Gradientes em Mergulho

13 Mergulho Multinível

29 Livro Megalodon

31 3.000 Dias de Mar

39 Sereísmo no Brasil

EDITORIAL

A Diveops apresenta sua edição de número 20, com conteúdo especial. Celebramos os 55 anos do GRUMEC, com o lançamento do livro "MEGALODON", do Comandante Toscano, e destacamos a marca histórica do Suboficial Bruno, que alcançou 3.000 dias de mar. Nesta edição, também abordamos o Gradient Factor, essencial para a segurança de mergulhos descompressivos, e exploramos o fenômeno do Sereísmo.

Em nome de nosso conselho consultivo, oferecemos aos leitores mais uma edição repleta de informações relevantes para os mergulhadores.

GRADIENTES EM MERGULHO

EVOLUÇÃO, APLICABILIDADE E PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

Por: Luiz Cláudio Ferreira



O conceito de gradientes em mergulho está diretamente relacionado à fisiologia da descompressão e aos modelos matemáticos que buscam prever a absorção e eliminação de gases inertes. Desde os primeiros estudos sobre descompressão até os modelos atuais, os gradientes têm sido essenciais na formulação de tabelas e estratégias para minimizar a doença descompressiva (DD).

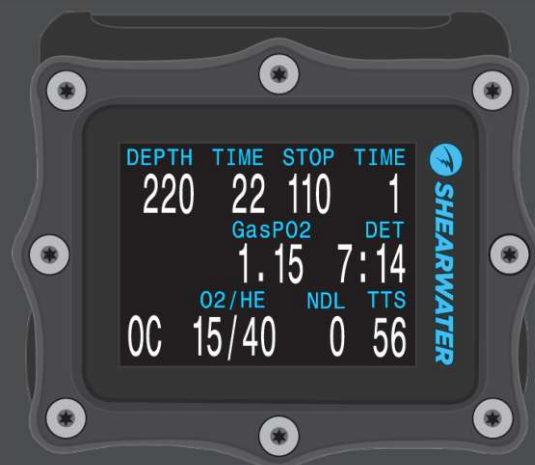
A ideia de gradientes pressóricos surgiu com Paul Bert (1878) e John Scott Haldane (1908), que estabeleceram a base para os

modelos dissolutivos. Haldane introduziu o conceito de compartimentos de meia-vida e o fator de supersaturação de 2:1. Robert Workman (1965) aprimorou essa abordagem ao desenvolver os fatores de gradiente (GF), conceito expandido por Eric Baker (1999) para ajustes mais precisos na computação do mergulho técnico.

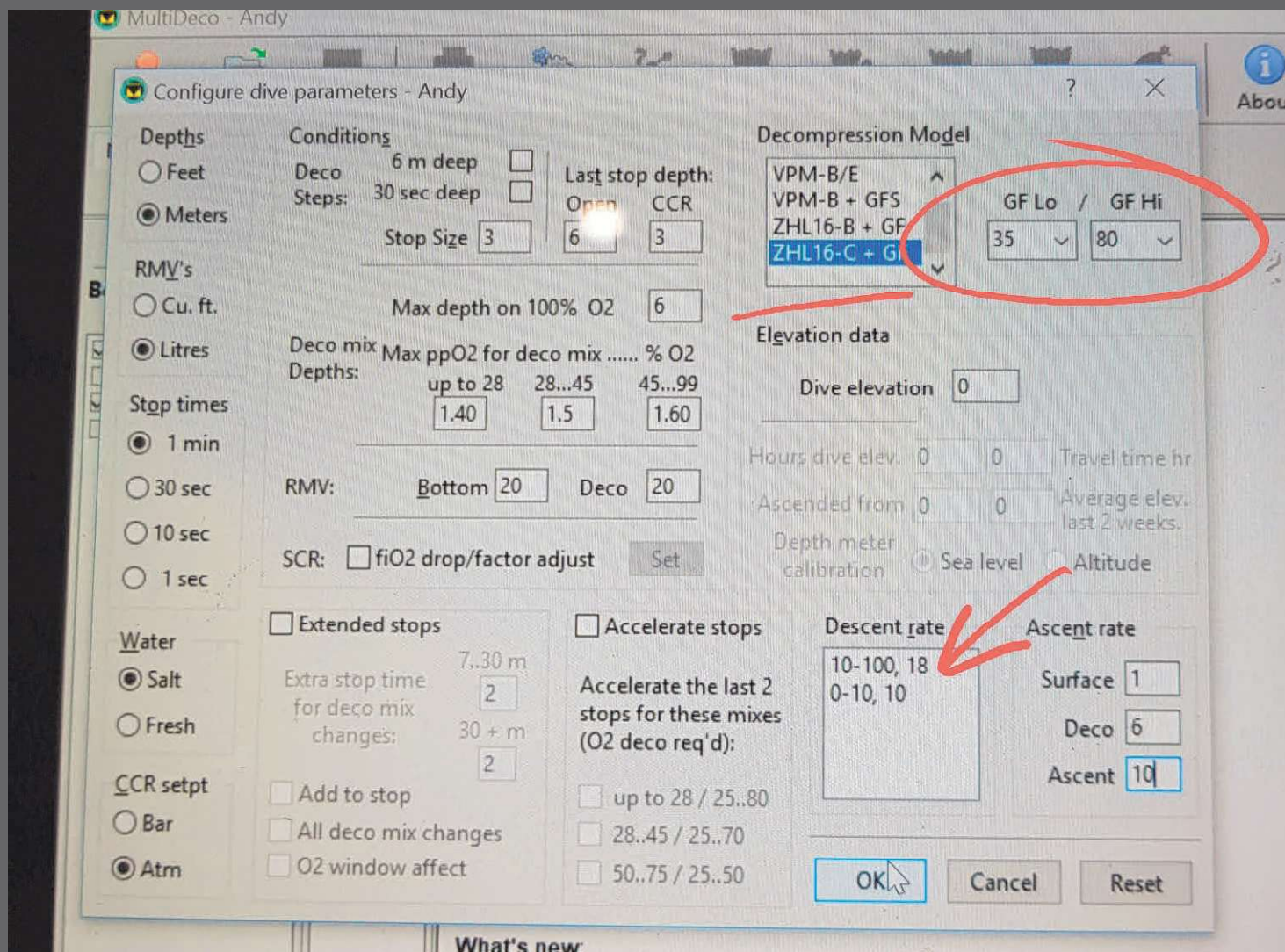
Os modelos de descompressão atuais incluem dissolutivos, como o algoritmo Buhlmann ZH-L16, de bolhas, como RGBM e VPM, e híbridos, como VPM-B e ZH-L16 com GF. Modelos dissolutivos assumem eliminação uniforme dos gases, enquanto modelos de bolhas incorporam controle de crescimento de microbolhas e ajustes conforme a exposição prévia do mergulhador.

A aplicação dos gradientes varia conforme o perfil do mergulho e as condições específicas da operação.

Em mergulhos recreativos (<30 m), fatores de gradiente elevados (GF 80/80) reduzem o tempo de descompressão, enquanto em mergulhos técnicos (>50 m), um ajuste mais conservador, como GF 30/70, otimiza a segurança sem prolongar excessivamente as paradas. No caso de mergulhos com *rebreather* (CCR), a gestão da toxicidade do oxigênio e a eficiência da eliminação de CO₂ podem demandar ajustes específicos nos gradientes. Já em mergulhos profundos (>100 m), a escolha entre GF 20/85 ou um fator mais aberto, como 35/80, depende de fatores como tempo planejado no fundo, logística de gases e suporte externo, além do controle da exposição a ambientes hostis.

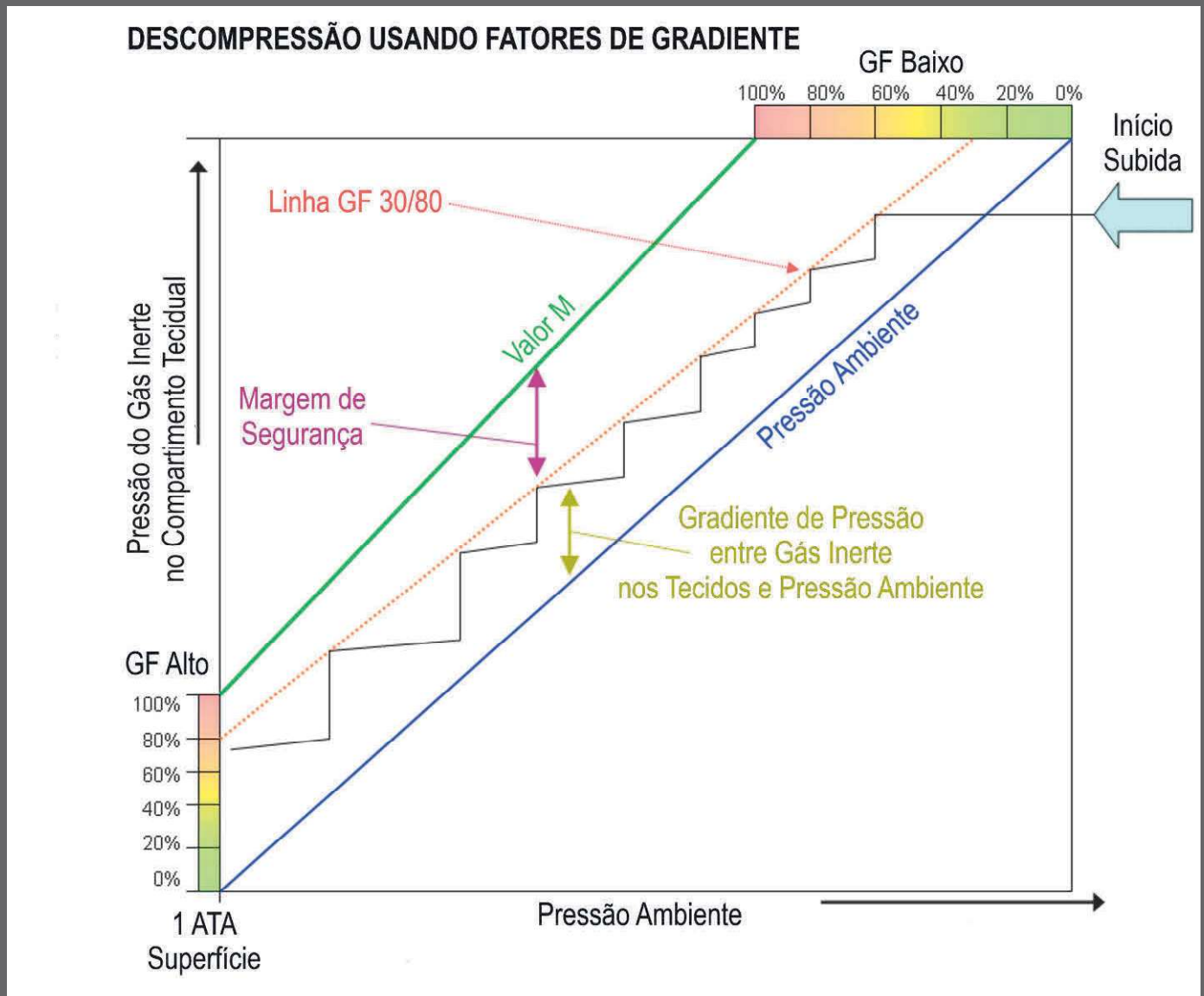


A decisão sobre o gradiente adequado deve sempre considerar a necessidade de equilíbrio entre segurança e eficiência, adaptando-se às demandas fisiológicas e operacionais de cada mergulho, bem como a própria experiência do mergulhador.



O conceito de fatores de gradiente pode ser visualizado em um gráfico que ilustra a relação entre a pressão dos gases inertes nos compartimentos teciduais e a pressão ambiente ao longo da ascensão. Como mostrado na figura acima, o fator de gradiente alto (exemplo: GF 30/80) influencia diretamente o ponto de partida da descompressão, permitindo ajustes conforme o perfil do mergulho. A linha M-value representa o limite teórico seguro para a eliminação dos gases inertes, enquanto a linha de pressão ambiente demonstra a variação da pressão durante a subida. A escolha de GFs mais conservadores amplia a margem de segurança ao limitar a taxa de liberação dos gases dissolvidos, reduzindo o risco de doença descompressiva. Dessa forma, a correta aplicação desses fatores possibilita um equilíbrio entre eficiência e segurança na descompressão, conforme discutido nas estratégias apresentadas.

A escolha de GFs mais conservadores amplia a margem de segurança ao limitar a taxa de liberação dos gases dissolvidos, reduzindo o risco de doença descompressiva. Dessa forma, a correta aplicação desses fatores possibilita um equilíbrio entre eficiência e segurança na descompressão, conforme discutido nas estratégias apresentadas



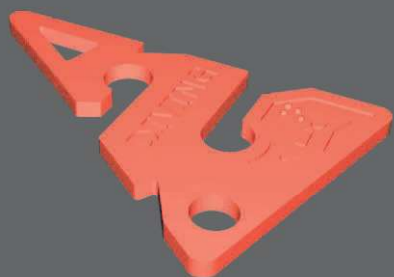
A escolha do modelo de descompressão, portanto, influencia diretamente a aplicabilidade do gradiente. Modelos dissolutivos tendem a ser mais previsíveis para mergulhos recreativos e técnicos convencionais, enquanto modelos de bolhas oferecem maior eficiência para mergulhos profundos e prolongados. No RGBM, por exemplo, a microbolha tem papel fundamental no ajuste da descompressão, enquanto no ZH-L16, a saturação tecidual é o principal fator. Modelos híbridos equilibram essas abordagens, permitindo perfis de subida mais flexíveis.

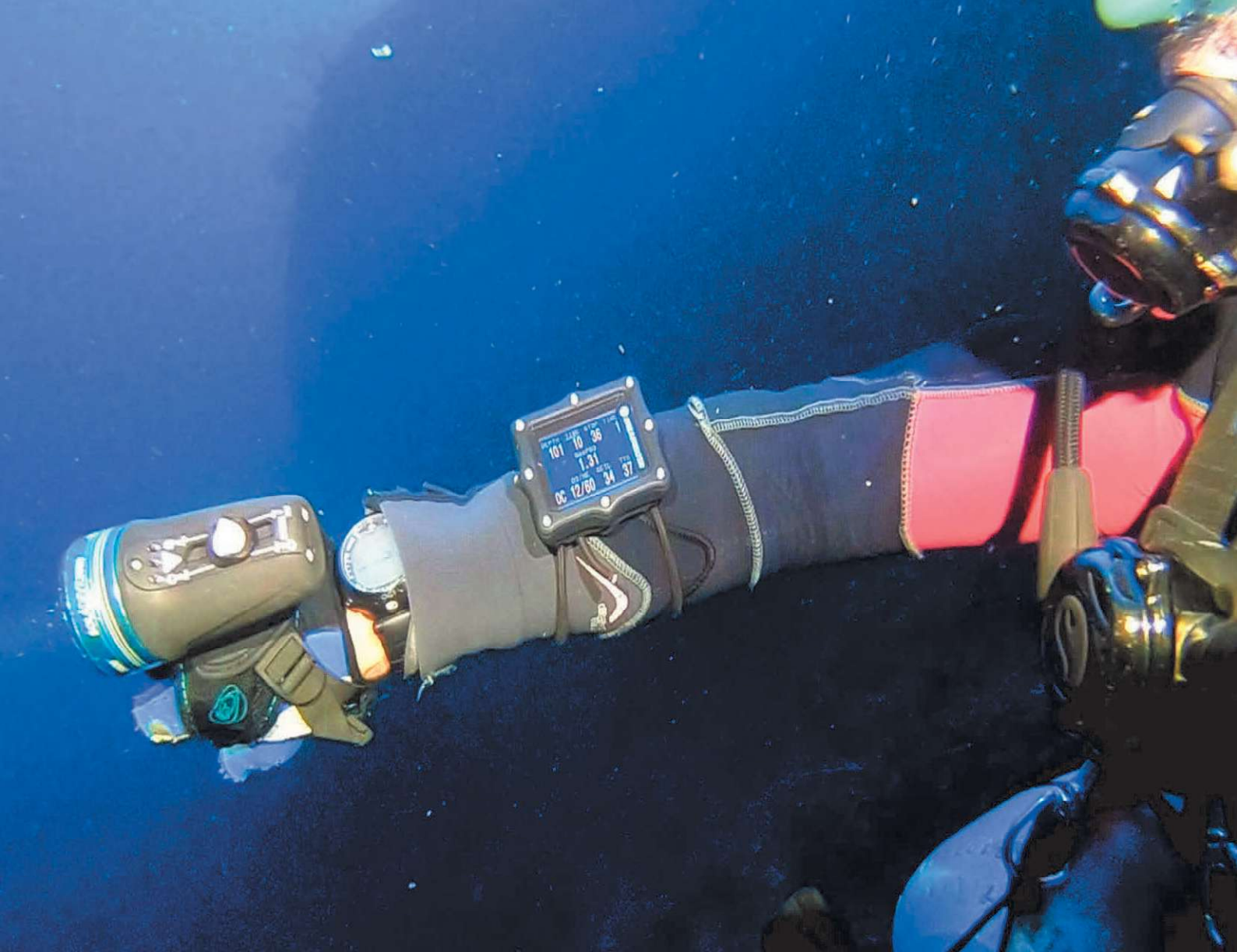
A fórmula básica para determinar a pressão tolerável de um tecido antes da liberação controlada de gás é: Modelos como RGBM adicionam correções para a presença de microbolhas, enquanto ZH-L16 utiliza

compartimentos fixos para prever a saturação e eliminação de gases. Em mergulhos profundos com *rebreather*, eficiência do *scrubber* e taxa de consumo de oxigênio também influenciam diretamente a aplicação de gradientes.

A escolha entre modelos dissolutivos e de bolhas deve considerar profundidade, tipo de mistura respiratória e taxa de eliminação de gases. No uso de *rebreathers*, ajustes precisam evitar hiperóxia. Em perfis com múltiplos mergulhos sucessivos, modelos híbridos podem ser mais eficazes ao considerar acúmulo de gases ao longo de várias exposições.

Contudo, ainda há lacunas científicas relevantes, como a comparação experimental entre diferentes modelos de descompressão em mergulhos profundos, o impacto da hipercapnia na eliminação de gases e ajustes nos fatores de gradiente, além do desenvolvimento de algoritmos híbridos que combinem os melhores aspectos de cada modelo. Pesquisas sobre modelos probabilísticos de descompressão e personalização de algoritmos baseados em fisiologia individual são promissoras.





Em síntese, os gradientes são essenciais no planejamento da descompressão, e a escolha entre modelos dissolutivos e de bolhas deve considerar o perfil do mergulho e segurança adicional necessária. O conhecimento aprofundado e a correta aplicação desses parâmetros são fundamentais para garantir a segurança do mergulhador, especialmente em mergulhos extremos, onde pequenas variações podem significar riscos elevados.

ambientes
desafiadores ■

subaquáticos