

TOPO DE MORRO NA RESOLUÇÃO CONAMA Nº 303

Sérgio Cortizo¹ – 5 de agosto de 2.007

RESUMO: É apresentada uma interpretação matemática da Resolução CONAMA nº 303 no que diz respeito à demarcação das Áreas de Preservação Permanente em topo de morro, montanha e linha de cumeada.

INTRODUÇÃO

A Resolução nº 303 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 20 de março de 2.002, dispõe sobre os parâmetros, definições e limites referentes às Áreas de Preservação Permanente (APPs) previstas no Código Florestal de 15 de setembro de 1965 (Lei Federal nº 4.771).

Desde sua publicação, tem havido controvérsia sobre a demarcação das APPs situadas em topo de morros, de montanhas e de linhas de cumeada. A causa principal desta controvérsia parece ser a definição de “base de morro ou montanha” (inciso VI do art. 2º).

Abordagens fundamentadas em técnicas modernas de sensoriamento remoto e geoprocessamento têm sido propostas, inclusive algoritmos para a demarcação automatizada das APPs. No entanto, acreditamos que os critérios de demarcação devem se ater ao texto legal: um modelo digital de elevação (MDE) obtido através de interferometria (orbital ou aérea) e implementado em um sistema de informações geográficas (SIG) pode nos ajudar a mapear o terreno com precisão, mas procedimentos computacionais baseados em técnicas não podem substituir os critérios legalmente constituídos de demarcação das APPs.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma interpretação estritamente técnica da definição de “base de morro ou montanha” na Resolução CONAMA nº 303, e demonstrar por argumentos lógicos que esta é a única interpretação matematicamente consistente do texto legal.

Também serão discutidas algumas das interpretações alternativas dessa Resolução, no que se refere à demarcação das APPs em topos de morros, de montanhas e de linhas de cumeada.

¹ *Sérgio Cortizo é bacharel e mestre em Física pela Universidade de São Paulo, e doutor em Lógica, também pela USP, onde foi pesquisador e professor de Matemática por 12 anos. Atualmente trabalha como consultor em mudanças climáticas e energia.*

E-mail: contato@sergio.cortizo.nom.br

DEFINIÇÃO DE BASE DE MORRO OU MONTANHA

Consideremos inicialmente o texto do inciso VI do art. 2 da Resolução:

“VI - base de morro ou montanha: plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d’água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor;”

A base de morro ou montanha *é sempre um plano horizontal*, que pode ser definido por três condições disjuntivas: (a) por planície; (b) por superfície de lençol d’água adjacente; ou (c) pela cota da depressão mais baixa ao seu redor.

Não é admissível ler a segunda condição diretamente como: “VI - base de morro ou montanha: superfície de lençol d’água adjacente” porque neste caso a terceira alternativa estaria sintaticamente desestruturada: “VI - base de morro ou montanha: *pela* cota da depressão mais baixa ao seu redor”.

A primeira condição é clara: uma planície define um plano horizontal de modo inequívoco, que será então a base de morro ou montanha.

Como segunda alternativa, o plano horizontal pode ser definido por “superfície de lençol d’água adjacente”. Aqui começam as divergências na interpretação do texto: o que é um “lençol d’água”.

Muitos propõem que se trata do “lençol freático”, um conceito da ciência que estuda o escoamento subterrâneo e superficial da água na natureza: a Hidrologia.

O lençol freático (do grego phréar + atos, significando “reservatório de água”, “cisterna”) é uma superfície imaginária que separa a zona de saturação da zona de aeração. Assim, abaixo dessa superfície a água subterrânea preenche todos os espaços porosos e permeáveis das rochas ou dos solos. Neste sentido técnico, o lençol freático passa pelas margens de todos os cursos d’água, lagos, lagoas e mares, formando um contínuo com o nível superior dessas águas superficiais. O hidrólogo freqüentemente pensa neste nível superior como parte do lençol freático, a fim de que este se estenda, sem descontinuidade, por toda a região.

É comum se imaginar que o lençol freático seja uma massa de água subterrânea, que “aflora” nas nascentes dos cursos d’água e em veredas (ou “brejos”). Entretanto, a rigor o lençol freático não é a massa d’água em si, mas a superfície imaginária que delimita superiormente essa massa d’água (que permeia a zona de saturação). O texto legal utiliza a expressão “superfície de lençol d’água”, que só pode se aplicar ao lençol freático no sentido técnico do parágrafo acima, uma vez que a massa d’água não ocupa uma superfície (bidimensional), e sim um volume (tridimensional).

Voltando ao texto da Resolução: “[...] base de morro ou montanha: plano horizontal definido por [...] superfície de lençol d’água adjacente [...]”; podemos nos perguntar em que circunstâncias o lençol freático define um plano horizontal que possa ser usado como base de morro ou montanha.

O lençol freático passa pelas margens de todos os cursos d’água, porém essas margens são sempre inclinadas, caso contrário a água não estaria se

movendo por ação da gravidade. Assim, os cursos d'água nunca podem constituir a referência para a determinação da base de um morro ou montanha, pois nunca definem um plano horizontal.

Em nascentes, a mesma observação se aplica às partes visíveis do lençol freático, imediatamente abaixo do nível do olho d'água: se a água flui por ação da gravidade é porque o lençol freático é inclinado nesta região. Por outro lado, é muito difícil saber na prática a inclinação do lençol freático imediatamente acima do nível em que a água brota. Desse modo, é praticamente impossível decidir quando a superfície do lençol freático define um plano horizontal nas proximidades de uma nascente.

Assim, uma leitura atenta do inciso VI do art. 2 nos mostra que a base de morro ou montanha nunca pode ser definida por nascentes ou por cursos d'água, como propõem algumas interpretações.

A situação é diferente quando temos um "espelho d'água": lagoa, lago, laguna ou mar, com uma superfície d'água perfeitamente horizontal. Neste caso tal superfície define um plano horizontal que pode ser usado como base de um morro ou montanha.

Chegamos assim à resposta da nossa pergunta: uma condição necessária e suficiente para o lençol freático definir um plano horizontal, que possa ser usado como base de morro ou montanha, é que ele forme um "espelho d'água" no sentido acima: superfície horizontal da água em lagoa, lago, laguna ou mar.

Dessa forma, deixaria menos margem para confusão interpretar diretamente a expressão "lençol d'água" presente no texto legal como "espelho d'água" no sentido acima.

Resta ainda uma terceira condição disjuntiva na definição de base de morro ou montanha:

"VI - base de morro ou montanha: plano horizontal definido [...], nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor;"

Do ponto de vista geométrico, um relevo ondulado pode ser entendido como uma superfície bidimensional lisa, sem arestas ou vértices (o termo técnico matemático é "superfície diferenciável"). Se uma parte dessa superfície é um segmento de plano horizontal, teremos uma planície, que já consideramos como a base do morro ou montanha na primeira alternativa do inciso VI.

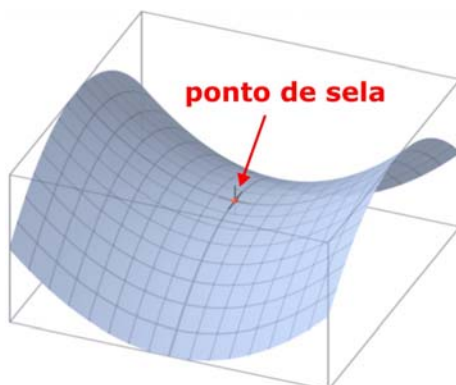
Excluindo a existência de uma planície, sabemos da matemática que existem três tipos de pontos do relevo que definem um plano horizontal: os pontos de "máximo local", de "mínimo local" e os "pontos de sela".

Os pontos de máximo local correspondem aos cumes das elevações, e obviamente não se prestam à definição da base do morro ou montanha.

Os pontos de mínimo local são os fundos de cavidades no relevo, que na natureza estão quase sempre cheias de água, formando poças, lagoas ou lagos. Neste caso, como já vimos, a base do morro ou montanha é definida pelo "espelho d'água" superficial.

Assim, por exclusão, os pontos de sela restam como a única alternativa matematicamente possível para definir as bases do morro ou montanha em relevos ondulados.

Vemos abaixo, em perspectiva, a forma geométrica típica de um ponto de sela:



As retas tangentes à superfície em um ponto de sela são todas horizontais, e portanto estes pontos definem perfeitamente um plano horizontal.

Por outro lado, observando uma elevação do terreno a partir do solo, o ponto de sela mais próximo à elevação será visto como "a depressão mais baixa ao seu redor":



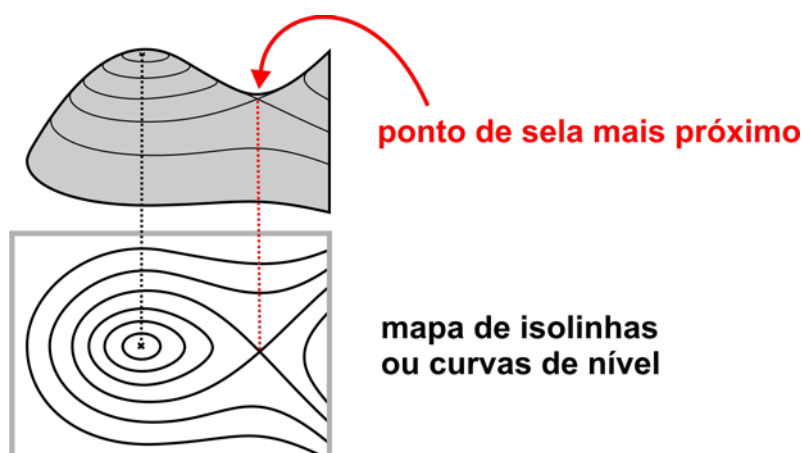
Assim, considerar "a depressão mais baixa ao seu redor" como "o ponto de sela mais próximo" é a única interpretação matematicamente consistente do inciso VI, no que se refere aos relevos ondulados.

Resumindo: estamos propondo que, nos relevos ondulados, a base de morro ou montanha seja o plano horizontal definido pela cota do ponto de sela mais próximo. Acreditamos ser esta a interpretação correta do inciso VI do art. 2º da Resolução nº 303 do CONAMA.

PONTOS DE SELA

Em relevos ondulados, temos diversos pontos de sela distribuídos entre os cumes das elevações, no centro das regiões chamadas às vezes de “colo” dos morros ou montanhas. O termo geográfico “colo do morro” freqüentemente denota toda uma região do terreno: parte deprimida do relevo de uma crista montanhosa, utilizada como passagem de uma vertente a outra. Por este motivo, ao invés de “colo do morro” usaremos aqui a expressão geométrica “ponto de sela”, entendendo por isso pontos específicos do terreno (não regiões vagamente delimitadas), definidos pela sua topografia com precisão matemática.

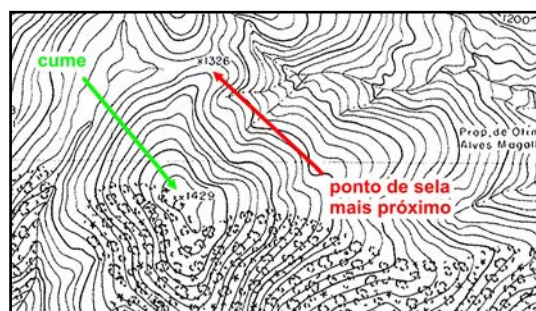
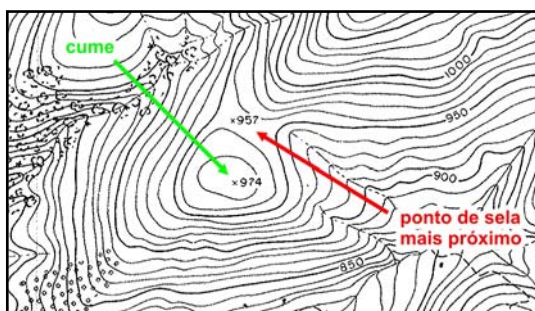
A figura abaixo nos mostra uma superfície matemática correspondente a uma elevação do terreno, com o ponto de sela mais próximo. No desenho superior temos uma vista em perspectiva, e no inferior o respectivo mapa de “isolinhas” ou “curvas de nível” (linhas que passam por pontos com uma mesma cota):



No mapa de isolinhas vemos a forma típica da curva de nível que passa por um ponto de sela: ela corta a si mesma exatamente neste ponto.

Em levantamentos planialtimétricos, onde as curvas de nível são desenhadas a intervalos regulares de cotas (por exemplo, de metro em metro ou a cada dez metros), muito raramente é representada a isolinha que passa por um ponto de sela, pois é extremamente improvável que a cota desse ponto seja um “número redondo”.

No entanto, a localização do ponto de sela sempre pode ser inferida a partir do formato das curvas de nível vizinhas, e sua posição exata costuma ser indicada por um “x” no mapa, com a cota respectiva, como vemos nos exemplos seguintes:



Tendo definido de forma matematicamente precisa a base da elevação, torna-se simples aplicar as definições de morro e de montanha do art 2º da Resolução:

“IV - morro: elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade;”

“V - montanha: elevação do terreno com cota em relação a base superior a trezentos metros;”

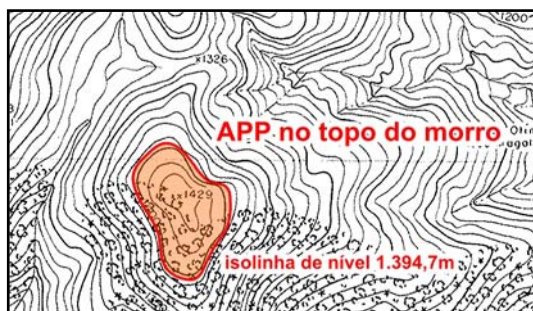
Nos primeiro exemplo acima (à esquerda), a elevação não é morro nem montanha, pois o desnível entre a base e o cume é menor do que 50m ($974 - 957 = 17\text{m}$).

No segundo caso (à direita), o desnível entre a base e o cume é de $1.429\text{m} - 1.326\text{m} = 103\text{m} > 50\text{m}$. Assim, se a inclinação da encosta do morro na linha de maior declividade for superior a 30% então a elevação é um morro (caso contrário não é). Independentemente da declividade, a elevação não é uma montanha, pois o desnível é menor do que 300m.

Após decidir criteriosamente quais elevações do terreno são morro ou montanha, e definir a base de cada uma delas sem ambigüidade, não há maiores dificuldades na demarcação das APPs segundo o art.3º da Resolução:

“Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada: [...] V - no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base;”

No segundo exemplo, supondo que a inclinação da encosta na linha de maior declividade seja superior a 30%, temos um morro cujo topo é delimitado pela isolinha de nível $1.394,7\text{m} = 1.326\text{m} + (2/3) 103\text{m}$:

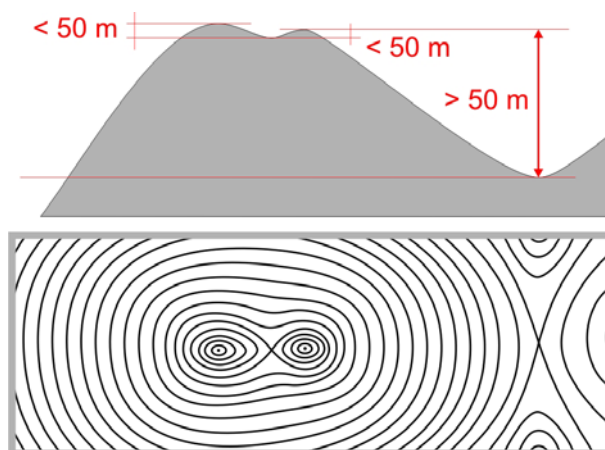


AGRUPAMENTO DE CUMES

A definição da base dos morros e montanhas pela cota do ponto de sela mais próximo apresenta uma deficiência técnica importante: é comum que na parte superior de uma grande elevação haja dois ou mais cumes próximos entre si, com um pequeno desnível entre eles, como indicado (para dois cumes) na figura abaixo:



Em um caso como este, pode ocorrer que o desnível entre os cumes e o ponto de sela mais próximo seja menor do que 50m, mas a elevação como um todo tenha mais de 50m de altura (em relação à sua própria base). Esta situação está indicada na figura seguinte, com o respectivo mapa de isolinhas:



Definindo as bases de morros e montanhas pela cota do ponto de sela mais próximo, nenhum dos dois cumes é morro ou montanha. Portanto a elevação como um todo também não será nem morro nem montanha, mesmo que ela tenha mais de 300m de altura (em relação à sua própria base). Como resultado, nada seria demarcado como APP na parte superior dessa grande elevação.

Os redatores da Resolução nº 303 do CONAMA parecem ter percebido esta deficiência, e incluíram no final do art. 3º um parágrafo para corrigi-la:

“Art. 3º, Parágrafo único: Na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros, a Área de Preservação Permanente abrangerá o conjunto de morros ou montanhas, delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto, aplicando-se o que segue:

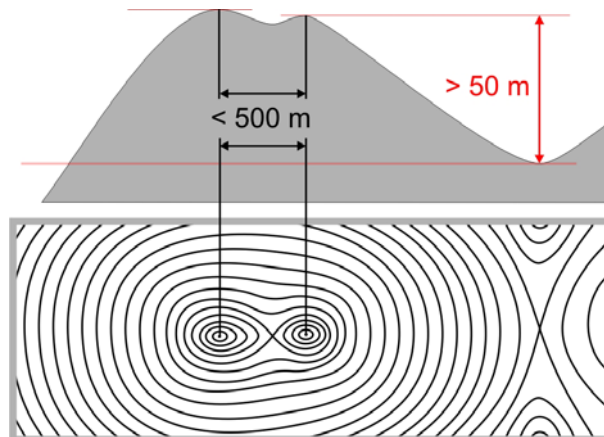
I - agrupam-se os morros ou montanhas cuja proximidade seja de até quinhentos metros entre seus topos;

II - identifica-se o menor morro ou montanha;

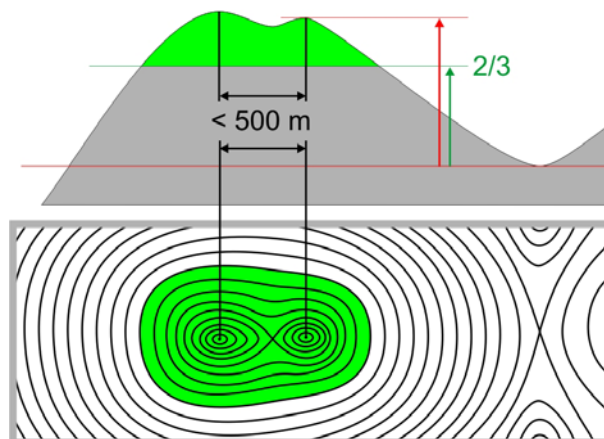
III - traça-se uma linha na curva de nível correspondente a dois terços deste; e

IV - considera-se de preservação permanente toda a área acima deste nível.”

Para ver como este procedimento estabelecido no parágrafo único do art. 3º de fato contorna a deficiência apontada acima, voltemos ao exemplo anterior, supondo agora que a distância entre os dois cumes seja menor que 500m:



Neste caso, agrupando os dois cumes, considerando o mais baixo deles como o cume do conjunto, e traçando “uma linha na curva de nível correspondente a dois terços deste”, obtemos exatamente uma APP proporcional à elevação como um todo:



Assim, parece-nos que a presença do parágrafo único do art. 3º na Resolução nº 303 confirma a interpretação aqui proposta: a base de morro ou montanha é o plano horizontal definido pela cota do ponto de sela mais próximo.

Ao nosso ver, a existência deste parágrafo no texto legal seria inexplicável se as bases de morro ou montanha fossem definidas de outro modo, como pelos cursos d’água, por exemplo.

LINHAS DE CUMEADA

Além do agrupamento de cumes estabelecido no parágrafo único do art. 3º, e independentemente deste, a Resolução nº 303 demarca APPs no topo de “linhas cumeada”. No inciso VII do art. 2º temos a definição:

“VII - linhas cumeada: linha que une os pontos mais altos de uma seqüência de morros ou de montanhas, constituindo-se no divisor de águas;”

Não fica claro nesta passagem exatamente quais seqüências de morros ou montanhas devem ser consideradas como linha de cumeada, pois o texto não especifica se elas são os divisores de águas entre bacias hidrográficas, sub-bacias ou micro-bacias. Na nossa leitura, as linhas de cumeada da Resolução nº 303 são apenas aquelas seqüências de morros ou montanhas que delimitam grandes bacias hidrográficas, e que normalmente são usadas como divisa entre municípios ou estados.

Assim, não devemos confundir os agrupamentos de cumes estabelecidos no parágrafo único do art. 3º (discutidos na seção anterior deste trabalho) com as linhas de cumeada definidas no inciso VII do art. 2º.

No inciso VI do art. 3º são demarcadas as APPs em linhas de cumeada:

“VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;”

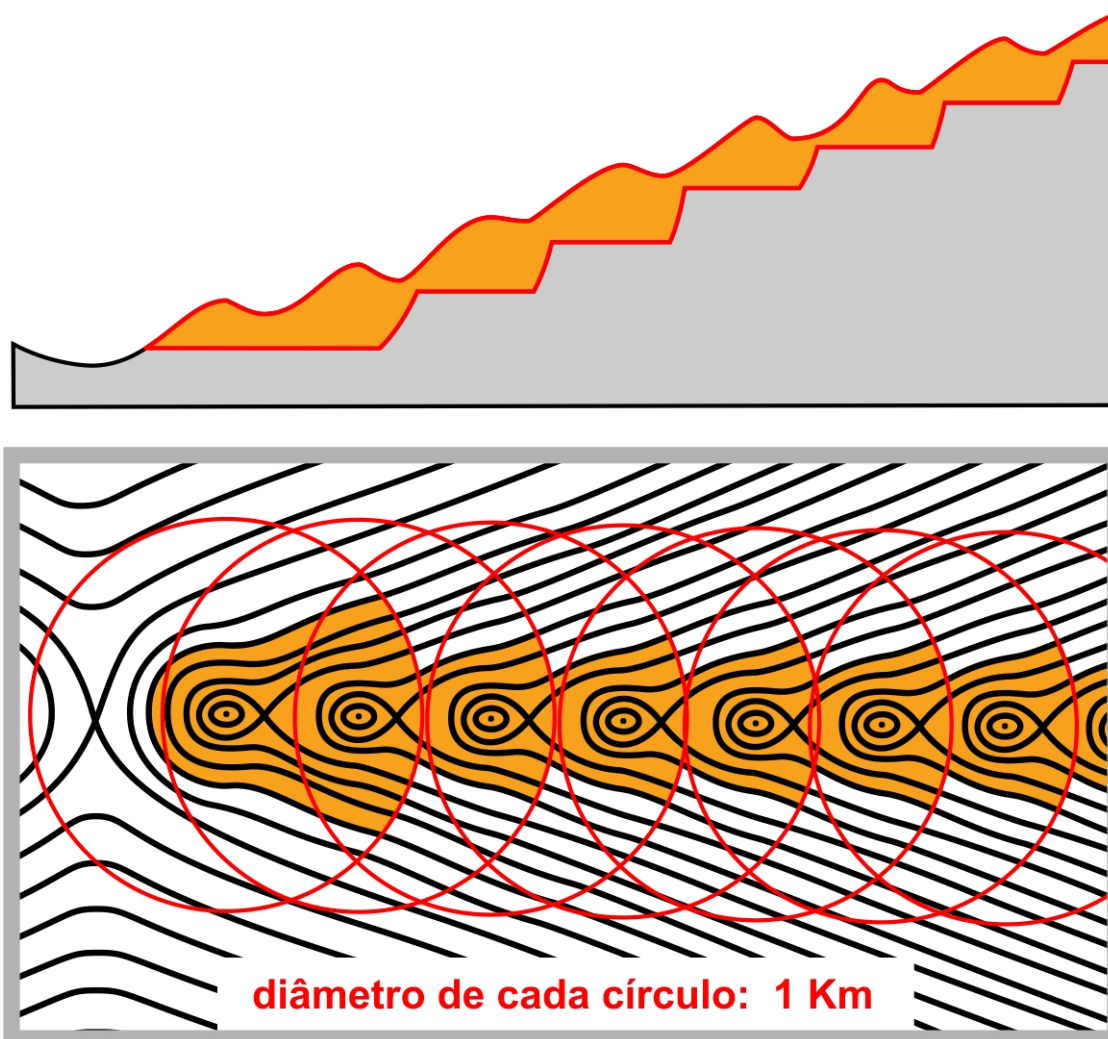
Esta passagem também deixa margem para interpretações discrepantes, na medida em que não especifica como a linha de cumeada deve ser dividida em segmentos equivalentes a mil metros.

Na nossa avaliação, devemos adotar aqui uma interpretação fundamentada em princípios matemáticos de simetria e simplicidade, e estabelecer um método geral de demarcação, consoante com o texto legal, que possa ser aplicado sem ambigüidades a todos os casos possíveis.

Assim, propomos o seguinte procedimento:

- (i) Determina-se quais cumes pertencem a linhas de cumeada com base em critérios hidrográficos;
- (ii) Para cada um desses cumes, determinamos sua base pelo ponto de sela mais próximo, e a partir dessa base a curva de nível correspondente a 2/3 de sua altura;
- (iii) Para cada um desses cumes, consideramos como APP toda a região acima desta curva de nível, dentro de um raio de 500m.

A figura abaixo ilustra o resultado obtido por este método em uma linha de cumeada genérica:



O MÉTODO DE DEMARCAÇÃO

Definir a “base de morro ou montanha” pelo ponto de sela mais próximo apresenta uma grande vantagem: cada elevação de um relevo ondulado tem uma e uma única base associada a ela, não importando a complexidade ou a irregularidade da topografia do terreno. Essa afirmação pode ser demonstrada como um teorema matemático, se todos os termos usados no seu enunciado receberem previamente uma conceituação formal.

Não apresentaremos aqui este estudo formal, que está fora do escopo deste trabalho, mas esboçaremos a seguir seus principais elementos, pois esta é uma boa forma de esclarecermos eventuais dúvidas a respeito da interpretação proposta para a definição de base de morro ou montanha da Resolução nº 303 do CONAMA.

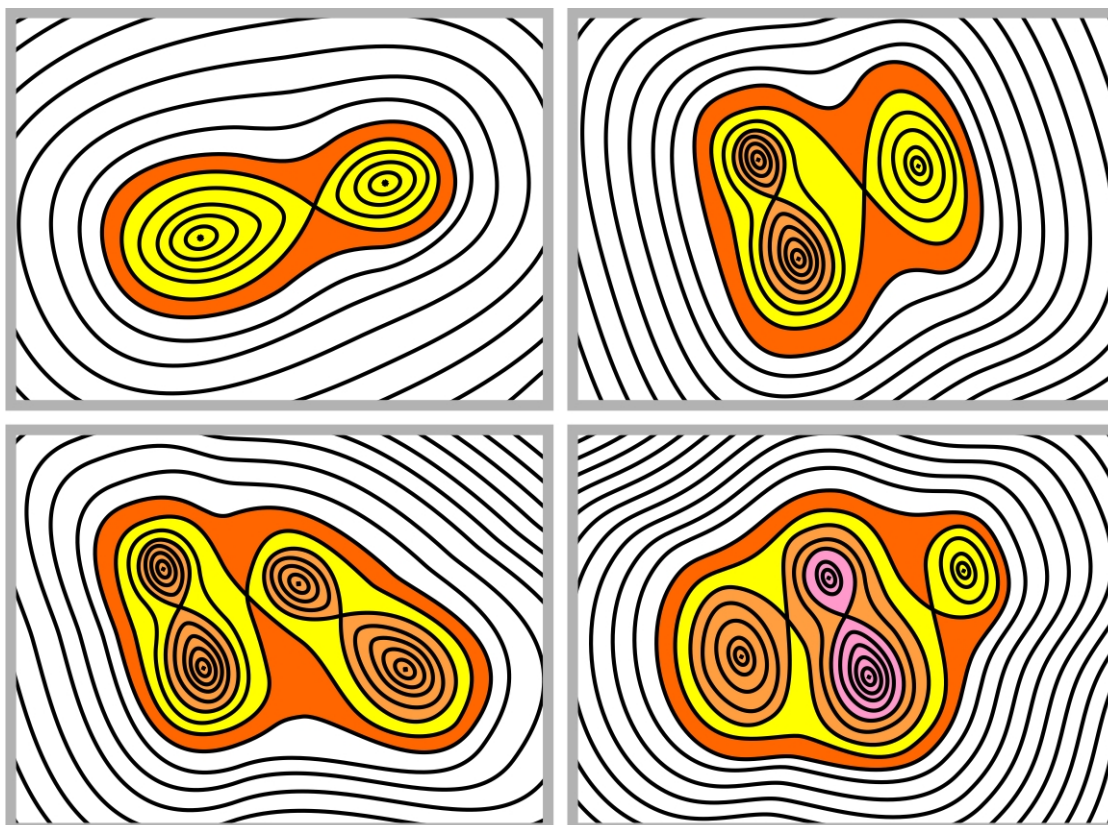
Cada elevação no terreno, pequena ou grande, é caracterizada pelo seu “cume”: um ponto a partir do qual o terreno declina em todas as direções. Todo

cume tem uma cota bem definida, pois o plano tangente à superfície neste ponto é horizontal.

Fixado um cume, cada isolinha de nível ligeiramente inferior ao de sua cota é uma linha equivalente a um círculo (distorcido pelas irregularidades do relevo) que enlaça o próprio cume. A curva de nível completa pode continuar em outras partes do mapa de isolinhas, próximas ou distantes do cume, mas estas outras partes não tocam ou cortam a parte equivalente a um círculo que enlaça o cume.

Partindo do cume fixado, e considerando níveis cada vez mais baixos, a linha equivalente a um círculo que enlaça o cume se expande no mapa planialtimétrico, até um momento preciso em que ela deixa de ser equivalente a um círculo: atingimos um ou mais pontos de sela, nos quais a isolinha se liga a outras partes da curva completa, tornando-se conexa a elas. Este nível define a base da elevação com precisão matemática, independentemente da complexidade ou da irregularidade do relevo ondulado.

O parágrafo único do art. 3º estabelece um procedimento para se agrupar dois ou mais cumes próximos entre si (distância menor do que 500m). Neste caso, a base do agrupamento de cumes será o ponto de sela mais próximo do conjunto como um todo. Assim, na determinação dessa base devemos excluir os pontos de sela interiores ao conjunto. Por exemplo, todos os pontos de sela indicados nos desenhos abaixo são interiores aos respectivos conjuntos:



Para determinar a base do conjunto, partimos da curva de nível do ponto de sela mais baixo do conjunto, e procedemos como no caso anterior de um único cume. Dessa forma, teremos a base do conjunto de cumes definida com precisão

matemática, independentemente da complexidade ou da irregularidade do relevo ondulado.

No entanto, para que este agrupamento de cumes estabelecido no parágrafo único do art. 3º possa ser realizado de modo matematicamente consistente, é necessário que eles formem uma única elevação, ou seja, que a curva de nível do ponto de sela mais baixo do conjunto enlace todos os cumes do próprio conjunto.

Por exemplo, nos quatro relevos anteriores temos configurações “agrupáveis” de cumes: a curva de nível do ponto de sela mais baixo do conjunto enlaça todos os cumes do próprio conjunto. Por outro lado, nos dois casos abaixo os cumes não são matematicamente agrupáveis, mesmo que a distância entre eles seja inferior a 500m:



Para finalizar, observamos que esta restrição matemática aos agrupamentos de cumes estabelecidos no parágrafo único do art. 3º não se aplica às linhas de cumeada definidas no inciso VII do art. 2º. Nestas, as curvas de nível são fixadas “para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros” exatamente para permitir que cumes não agrupáveis sejam usados na demarcação das APPs.

CONCLUSÃO

Esperamos ter demonstrado, através de argumentos estritamente lógicos, que definir a base de morro ou montanha pelo ponto de sela mais próximo é a única interpretação matematicamente consistente da Resolução CONAMA nº 303.

Assim, podemos afirmar que a Resolução nº 303, considerada em sua totalidade, não é ambígua nem inconsistente, apesar de sua redação deixar margem para mal-entendidos em algumas passagens a respeito de topos de morro, montanha e linha de cumeada.

Desse modo, acreditamos que a Resolução nº 303 cumpre perfeitamente seu objetivo fundamental: estabelecer os parâmetros, definições e limites referentes às Áreas de Preservação Permanente previstas no Código Florestal.