

Nota Técnica nº 46/2018/SPR
Documento nº 00000.040424/2018-44

Em 28 de junho de 2018.

À Senhora Coordenadora de Estudos Hidrológicos
Assunto: **Produção de base vetorial com o Curve Number (CN) para BHO 2014 (BHO_CN)**

Essa nota técnica é sobre a metodologia aplicada para a produção da base vetorial com o Curve Number (CN) para a Base Hidrográfica Ottocodificada de 2014, ou simplesmente **BHO_CN_2018**, de escala de **1:250.000**, e serve como o seu metadado. Onde não for especificada a referência bibliográfica, todos os textos sobre temas de hidrologia foram baseados em Tucci (2004).

INTRODUÇÃO

A distribuição da vazão no tempo é resultado da interação de todos os componentes do ciclo hidrológico entre a ocorrência da precipitação e a vazão na bacia hidrográfica. Após o início da chuva existe um intervalo de tempo para que a vazão em um curso d'água comece a aumentar. Esse tempo retardado de resposta deve-se às perdas iniciais por interceptação vegetal e depressões no solo, além do próprio retardo de resposta da bacia devido ao tempo de deslocamento da água na própria bacia. O escoamento superficial é o processo predominante neste período, refletindo a resposta do comportamento aleatório da precipitação.

Após a vazão no curso d'água chegar ao ápice, de acordo com a distribuição da precipitação, o volume de água diminui, primeiramente de forma mais rápida, e depois de diminui de forma gradual. Neste momento cessa o escoamento superficial e o escoamento subterrâneo (ou escoamento de base) passa a predominar. O primeiro ocorre num meio que torna a resposta rápida, finalizando antes do escoamento subterrâneo que por escoar pelo solo poroso apresenta um tempo de retardo maior. A contribuição da vazão subterrânea é influenciada pela infiltração na camada superior do solo, sua percolação e consequente aumento do nível do aquífero.

Esse processo depende de muitos fatores, os mais importantes são:

Relevo: Uma bacia com boa drenagem e grande declividade apresenta um rápido aumento na vazão após um evento de chuva, e logo depois de terminada a chuva ocorre um rápido declínio da vazão, com pouco escoamento de base. Bacias com grandes áreas de inundação tendem a amortecer o escoamento e regularizar o fluxo.

A forma da bacia também influencia nesse fenômeno. Uma bacia do tipo radial concentra o escoamento antecipado e aumentando o pico com relação a uma bacia alongada, que tem escoamento predominante no canal principal e percurso mais longo até a seção principal, amortecendo as vazões.

Em pequenas bacias o escoamento superficial ocorre predominantemente sobre a superfície do solo, em drenos com perdas hidráulicas maiores, mas com maior declividade. Em bacias de grande porte, o processo predominante é o deslocamento de onda de cheia por um canal definido, de menor declividade, mas com perda de carga menor.

Cobertura da bacia: a cobertura da bacia, como a vegetal, tende a retardar o escoamento e aumentar as perdas por evapotranspiração. Nas bacias urbanas, onde a cobertura é alterada, tornando-se mais impermeável, acrescida de uma rede de drenagem mais eficiente, o escoamento superficial e o pico de vazão aumentam. Este acréscimo de vazão implicam o aumento do diâmetro dos condutos pluviais e dos custos;

Modificações artificiais no rio: o homem produz modificações no rio para o uso mais racional da água. Um reservatório para regularização da vazão tende a reduzir o pico de vazão e a distribuir o volume, enquanto a canalização tende a aumentar o pivô, como mostra a bacia urbana.

Distribuição, duração e intensidade da precipitação: quando a precipitação é constante a capacidade de armazenamento e o tempo de concentração da bacia são atingidos, estabilizando o pico de vazão. Após o término da precipitação, a vazão entra em recessão.

Para bacias pequenas (< 500 km²), as precipitações convectivas de alta intensidade, pequena duração e distribuída numa pequena área, podem provocar as grandes enchentes, enquanto que para bacias maiores as precipitações mais importantes passam a ser as frontais, que atingem grandes áreas com intensidade média.

Solo: as condições iniciais de umidade do solo são fatores que podem influenciar significativamente o escoamento resultante de precipitações de pequeno volume, alta e média intensidade. Quando o estado de umidade da cobertura vegetal, das depressões, da camada superior do solo e do aquífero forem baixos, parcela ponderável da precipitação é retida, e a vazão é reduzida.

MÉTODO CURVE NUMBER (CN) DO SCS

O método *curve number* desenvolvido pelo SCS (Soil Conservation Service – 1957) é um método simples, muito difundido e eficiente para determinar o volume aproximado de escoamento superficial de um evento de chuva em uma região. Apesar de o método ser delineado para um evento particular de chuva, ele pode ser escalonado para se encontrar valores anuais de escoamento superficial. Os dados de entrada para se utilizar esse método são poucos: quantidade de chuva e *curve number* (CN). O CN é baseado na **classe hidrológica do solo** e no **uso da terra e ocupação do solo** da bacia.

A equação um (1) é a equação geral para o método *curve number* do SCS:

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia) + S} \quad (1)$$

Onde:

Q = escoamento artificial

P = Precipitação

S = Máxima retenção potencial depois que começa o escoamento superficial

Ia = Perdas iniciais

A equação inicial (1) é baseada em tendências observadas em locais de análise nos Estados Unidos, portanto é uma equação empírica, ao invés de ser uma equação baseada em Física. Após validações feitas nos dados coletados com as tendências observadas, as perdas iniciais (Ia) podem ser definidas como um percentual de S (equação 2).

$$Ia = 0,2 S \quad (2)$$

Assim a equação 3 pode ser reescrita de um modo simplificado com apenas três variáveis.

$$Q = \frac{(P - 0,2 S)^2}{(P - 0,8 S)} \quad (3)$$

O parâmetro CN é uma transformação de S (equação 4).

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (4)$$

BASE DE DADOS VETORIAIS – MAPA DE COBERTURA E USO DA TERRA

Como primeiro dado de entrada para a produção da **BHO_CN** foi utilizado o mapa de Cobertura e Usa da Terra do Brasil para o ano de 2014 (vide metodologia geral em IBGE, 2013). Esse mapa é resultado das atividades desenvolvidas pela Coordenação de Geociências do IBGE referentes ao mapeamento sistemático do uso da terra no território brasileiro. Trata-se uma grade vetorial quadriculada, em que cada quadrícula tem uma área de 1km² (1 km x 1 km), na escala de **1:250.000**, em um total de 8.736.375 quadrículas que cobrem todo o território brasileiro.

Esse dado é baseado em interpretação de imagens do satélite *Landsat*, e na ausência desse, imagens do satélite *Resourcesat* ou imagens de radar, especialmente para o litoral nordestino e para a Amazônia, onde a presença de nuvens é comum. Outro instrumento que é utilizado nesse mapeamento sistemático do IBGE são imagens disponibilizadas pelo *Google Earth*, que, por sua possibilidade de grande discriminação de alvos, tem auxiliado na eliminação de dúvidas de interpretação.

No mapeamento da Cobertura e do Uso da Terra, a interpretação de imagens digitais de sensores remotos visa à identificação de padrões de imagem que guardem certa

homogeneidade e que possam ser representados na escala pretendida, segundo as classes previamente definidas.

As classes de utilizadas nesse mapeamento são mostradas na **tabela 1**, onde na primeira coluna são mostradas o número de quadrículas com área de 1 km² pertencentes a cada classe. O **anexo I** traz uma figura que demonstra como as características cartográficas desse dado.

Tabela 1: Classes de Uso da Terra e Ocupação do Solo

Quadrículas	Classe de Uso da terra e Ocupação do Solo
43.071	Área Artificial
604.163	Área Agrícola
1.036.546	Pastagem com Manejo
837.723	Mosaico de Área Agrícola com Remanescentes Florestais
90.431	Silvicultura
3.232.536	Vegetação Florestal
540.084	Mosaico de Vegetação Florestal com Atividade Agrícola
138.770	Vegetação Campestre
40.826	Área Úmida
1.613.275	Pastagem Natural
430.044	Mosaico de Área Agrícola com Remanescentes
120.724	Corpo d'Água Continental
3.695	Corpo d'Água Costeiro
4.487	Área Descoberta

BASE DE DADOS VETORIAIS – MAPA PEDOLÓGICO

Como segundo dado de entrada para a produção da **BHO_CN** foi utilizado o mapa pedológico multiescalas compilado pela Coordenação de Conjuntura dos Recursos Hídricos da ANA (ANA, 2017). Trata-se uma base vetorial poligonal na escala de **1:250.000**, a qual é o resultado da integração de mapas pedológicos de diversas fontes (tais como IBGE, Embrapa e mapas pedológicos estaduais). O **anexo II** traz uma figura em que se pode visualizar o mapa pedológico preparado pela ANA e utilizado neste trabalho.

CLASSES HIDROLÓGICAS DOS SOLOS BRASILEIROS

As classes hidrológicas dos solos brasileiros foram propostas por Sartori et al (2005). Os solos são classificados em 4 grupos (A, B, C e D) de acordo com o grau de resistência à erosão. No grupo A estão os solos com alta resistência à erosão, sendo que os grupos B, C e D compreendem os solos com graus de resistência à erosão moderada, baixo e muito baixo, respectivamente. As características dos grupos hidrológicos dos solos apresentadas pelo SCS são:

Grupo A: Compreende os solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração uniforme quando completamente molhados, consistindo principalmente de areias ou cascalhos, ambos profundos e excessivamente drenados. Taxa mínima de infiltração: > 7,62 mm/h;

Grupo B: Compreende os solos contendo moderada taxa de infiltração quando completamente molhados, consistindo principalmente de solos moderadamente profundos a profundos, moderadamente a bem drenados, com textura moderadamente fina a moderadamente grossa. Taxa mínima de infiltração: 3,81-7,62 mm/h;

Grupo C: Compreende os solos contendo baixa taxa de infiltração quando completamente molhados, principalmente com camadas que dificultam o movimento da água através das camadas superiores para as inferiores, ou com textura moderadamente fina e baixa taxa de infiltração. Taxa mínima de infiltração: 1,27-3,81 mm/h;

Grupo D: Compreende os solos que possuem alto potencial de escoamento, tendo uma taxa de infiltração muito baixa quando completamente molhados, principalmente solos argilosos com alto potencial de expansão. Pertencem a este grupo, solos com grande permanência de lençol freático elevado, solos com argila dura ou camadas de argila próxima da superfície e solos expansivos agindo como materiais impermeabilizantes próximos da superfície. Taxa mínima de infiltração: < 1,27 mm/h.

De acordo com essas definições e tendo em vista as características dos solos brasileiros, a classificação hidrológica de solos para as condições brasileiras são (Sartori, 2005):

Grupo Hidrológico A:

LATOSSOLO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO, ambos de textura argilosa ou muito argilosa e com alta macroporosidade; LATOSSOLO AMARELO E LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial não arenoso.

Grupo Hidrológico B:

LATOSSOLO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; LATOSSOLO BRUNO; NITOSSOLO VERMELHO; NEOSSOLO QUARTZARÊNICO; ARGISSOLO VERMELHO ou VERMELHO AMARELO de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.

Grupo Hidrológico C:

ARGISSOLO pouco profundo, mas não apresentando mudança textural abrupta ou ARGISSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta; CAMBISSOLO de textura média e CAMBISSOLO HÁPLICO ou HÚMICO, mas com características físicas semelhantes aos LATOSSOLOS (latossólico); ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO; NEOSSOLO FLÚVICO.

Grupo Hidrológico D:

NEOSSOLO LÍTOLICO; ORGANOSSOLO; GLEISSOLO; CHERNOSSOLO; PLANOSSOLO; VERTISSOLO; ALISSOLO; LUVISSOLO; PLINTOSSOLO; SOLOS DE MANGUE; AFLORAMENTOS DE ROCHA; Demais CAMBISSOLOS que não se enquadram no Grupo C; ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos pouco profundos e associados à mudança textural abrupta.

Para cada tipo de solo constante na base pedológica utilizada (vide **anexo II**) foi atribuída uma classe hidrológica conforme as descrições acima, com a complementação de estudos mais detalhados para as características do latossolos (Ker, 1997), que são os solos mais abundantes no território brasileiro, vide **tabela 2** (ANA, 2017).

Tabela 2. Distribuição das áreas e porcentagens do primeiro nível categórico da classificação de solos no território nacional

Ordem	Área (km²)	Porcentagem (%)
Latossolo	28.089.9874	33,03
Argissolo	244.191.926	28,72
Neossolo	114.168.755	13,43
Gleissolo	46.723.632	5,50
Plintossolo	42.589.483	5,01
Cambissolo	42.451.087	4,99
Luvissolo	22.738.807	2,67
Planossolo	19.806.763	2,33
Espodossolo	17.418.616	2,04
Nitossolo	10.939.937	1,28
Chernossolo	2.792.105	0,32
Vertissolo	2.022.160	0,23
Organossolo	785.597	0,09
Outros	275.3291	0,32

a

BASE DE DADOS VETORIAIS – MAPA DE OTTOBACIAS

Como terceiro e último dado de entrada para a produção da **BHO_CN** foi utilizada a Base Hidrográfica Ottocodificada da Agência Nacional de Águas (ANA), versão 2014 (BHO- 2014). Tratam-se de polígonos chamados de ottobacias onde cada ottobacia se refere a um único trecho de drenagem ou curso d'água. A escala das ottobacias na BHO – 2014 variam no território brasileiro e a **tabela 3** traz um quadro informativo com as escalas da ottobacias referentes a diferentes estados ou bacias do território brasileiro.

Tabela 3 : Configuração de escalas cartográficas na BHO - 2014

BHO 2014	Escala
Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ)	1:50.000
Bacia do rio Paranapanema	1:50.000
Bacia do rio Grande	1:50.000
Bacia do rio Doce	1:50.000/1:100.000
Bacia do rio Paranaíba	1:100.000
Estados do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF)	1:100.000
Bacia do rio Paraíba do Sul	1:250.000
Bacia do rio Taquari	1:250.000
Bacias da zona costeira do território Brasileiro	1:250.000
Estado do Maranhão	1:250.000
Demais estados ou bacias do território Brasileiro	1:1.000.000

TABELA CN UTILIZADA

Tendo como base os valores do parâmetro CN para as bacias rurais e para bacias urbanas e suburbanas (Tucci, 2004), os valores de CN utilizados para a criação da BHO_CN_2018 são descritos na **tabela 4**.

Tabela 4 : Classes de Uso da Terra e Ocupação do Solo

Classe de Uso da Terra e Ocupação do Solo	Classe Hidrológica do Solo			
	A	B	C	D
Área Artificial	93	93	93	93
Área Agrícola	64	76	84	88
Pastagem com Manejo	6	35	70	79
Mosaico de Área Agrícola com Remanescentes Florestais	60	76	85	90
Silvicultura	26	52	62	69
Vegetação Florestal	36	60	70	76
Mosaico de Vegetação Florestal com Atividade Agrícola	55	72	81	86
Vegetação Campestre	30	58	71	78
Área Úmida	95	95	95	95
Pastagem Natural	36	60	73	79
Mosaico de Área Agrícola com Remanescentes Campestres	47	67	78	83
Corpo d'Água Continental	100	100	100	100
Corpo d'Água Costeiro	100	100	100	100
Área Descoberta	74	84	90	92

CRUZAMENTO DE CAMADAS E CRIAÇÃO DA BHO_CN_2018

O mapa de uso da terra e ocupação do solo (anexo I) e o pedológico com as classe hidrológicas para os solos brasileiros (anexo II) foram cruzados com o uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), resultando num dado vetorial no formato de grade de 1km x 1km. Posteriormente valores de CN foram atribuídos para cada quadrícula, conforme a combinação descrita na tabela 2. Esse processo pode ser visualizado no **anexo III**.

Para a criação da BHO_CN_2018 foi utilizada a Base Hidrográfica Ottocodificada de 2014 como base vetorial hidrográfica. Essa base contém 1.305.955 ottobacias de tamanhos variados, apenas para as ottobacias contidas dentro do território brasileiro. Essa base hidrográfica foi cruzada com a grade que contém os valores de CN (vide **anexo III**).

Em muitos casos as ottobacias possuem áreas muito maiores do que 1 km², situação na qual muitas quadrículas com valores diferentes de CN foram atribuídas para a mesma ottobacia, o que acaba por gerar uma incerteza de graus variados sobre o valor adequado de CN para cada ottobacia. Para minimizar esse problema, para cada ottobacia foram atribuídos como dados tabulares os valores do menor, do maior, da média, do desvio padrão e da variância de todos os CNs das quadrículas incidentes em cada ottobacia. A **tabela 5** descreve os dados

tabulares da BHO_CN_2018, e o **anexo IV** traz uma figura dessa primeira versão da BHO_CN_2018 feita pela Agência Nacional de Águas.

Tabela 5 : Descrição dos campos da BHO_CN_2018

Campo	Descrição
COCURSODAG	Código do curso d'água
COBACIA	Código da ottobacia
Count	Número de quadrículas com área de 1km ² incidentes na ottobacia
Min_CN	Menor valor de CN dentre todas as quadrículas incidentes na ottobacia
Max_CN	Maior valor de CN dentre todas as quadrículas incidentes na ottobacia
Ave_CN	Valor médio de CN dentre todas as quadrículas incidentes na ottobacia
StdDv_CN	Desvio padrão dos valores de CN dentre todas as quadrículas incidentes na ottobacia
Var_CN	Variância do CN dentre todas as quadrículas incidentes na ottobacia

BIBLIOGRAFIA

ANA. **Produto 2: Base de dados e relatório sobre a consolidação de mapas de solo**. 2017.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 3ª Edição, 2013.

KER, J. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**. V.5, n.1, 1997.

SARTORI, A.; NETO, F.; GENOVEZ, A. Classificação hidrológica de solos brasileiros para estimativa da chuva excedente com o método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. V.10, n.4, p.5-18, 2005.

TUCCI, C. Escoamento artificial. In: TUCCI, C. (Organizador). **Hidrologia 4: ciência e aplicação**. (p.391 – 441), ABRH/UFRGS, Porto Alegre, 2004.

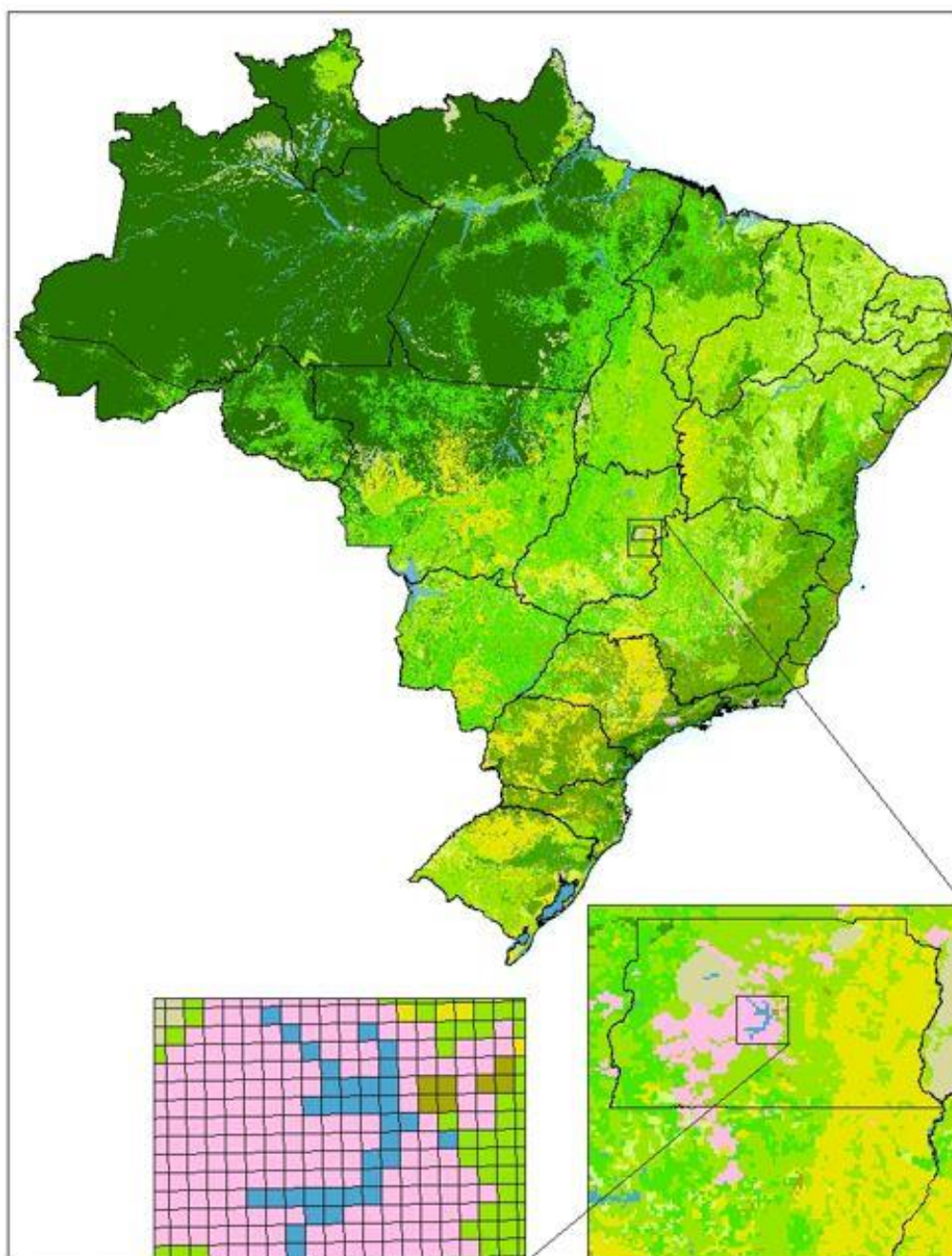
Atenciosamente,

(assinado eletronicamente)
FILIPE SAMPAIO CASULARI PINHATI
Especialista em Geoprocessamento

De acordo.

(assinado eletronicamente)
MARIANE MOREIRA RAVENELLO
Coordenadora de Estudos Hidrológicos

ANEXO I – Mapa de uso da terra e ocupação do solo de 2014 (IBGE)



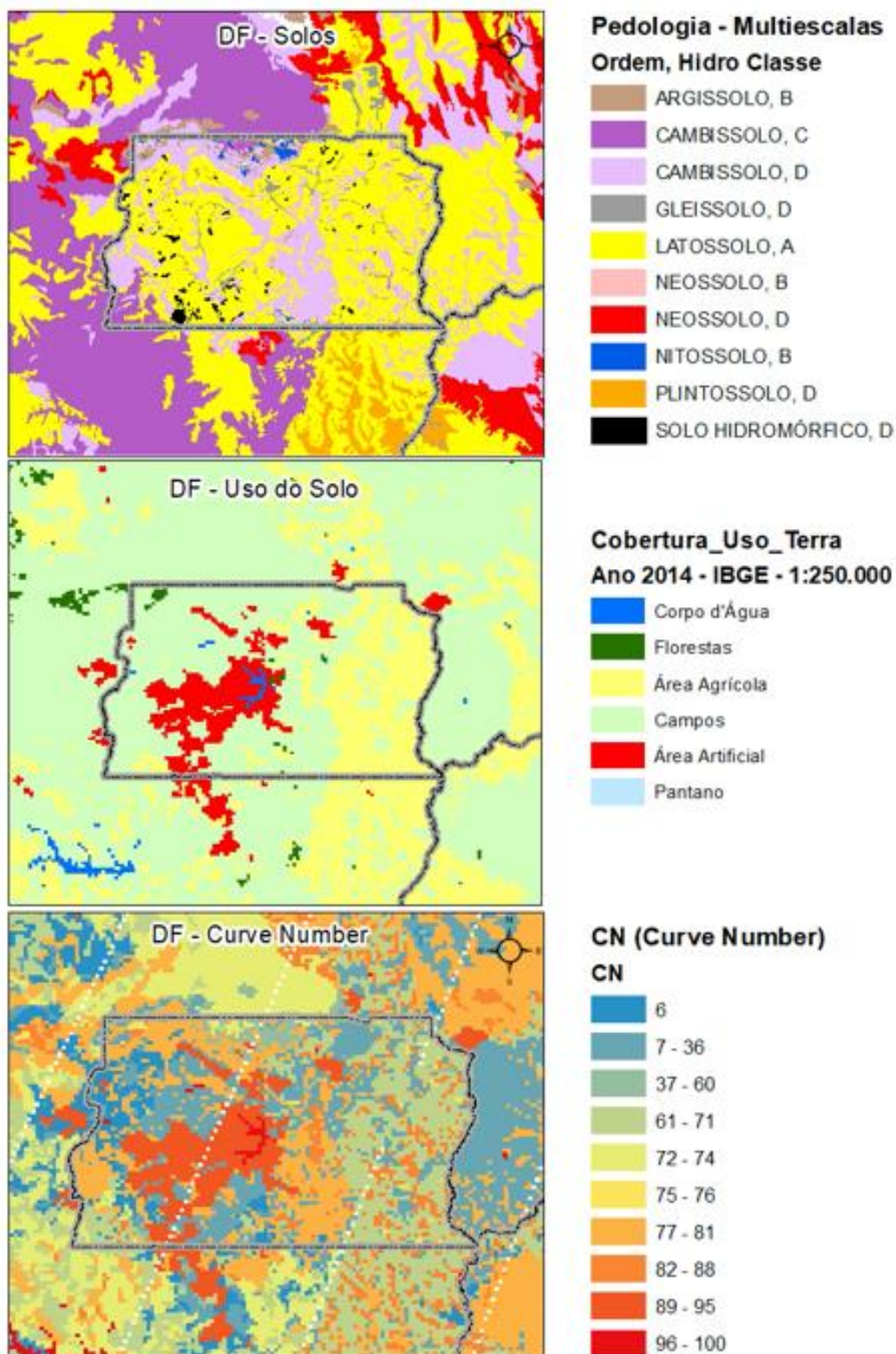
Classes

	Área Úmida		Pastagem com Manejo
	Corpo d'Água Continental		Silvicultura
	Corpo d'Água Costeiro		Vegetação Campestre
	Mosaico de Vegetação Florestal com Atividade Agrícola		Vegetação Florestal
	Mosaico de Área Agrícola com Remanescentes Campestres		Área Agrícola
	Mosaico de Área Agrícola com Remanescentes Florestais		Área Artificial
	Pastagem Natural		Área Descoberta

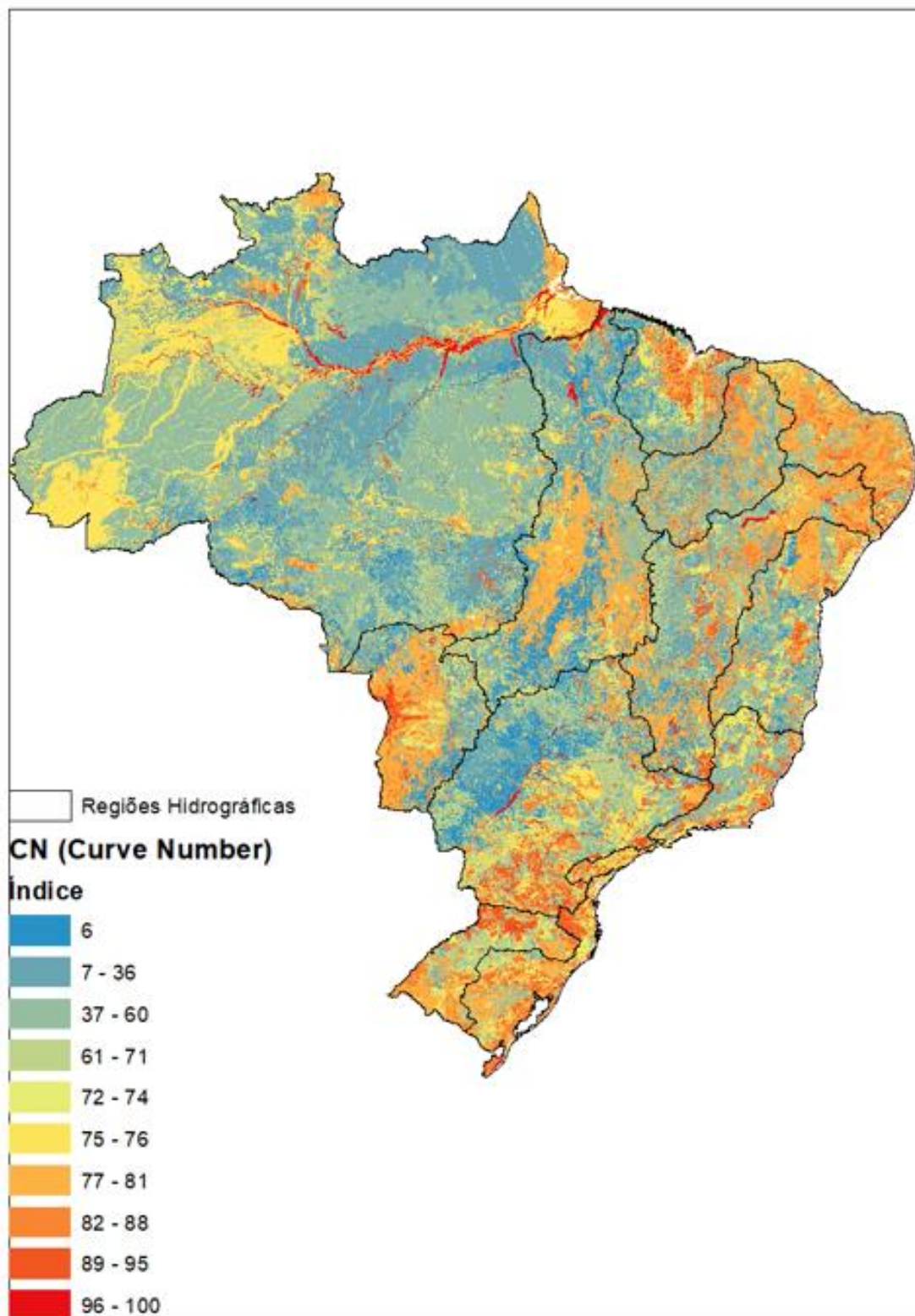
ANEXO II – Mapa pedológico (ANA, 2017)



ANEXO III – Cruzamento de camadas para obtenção de CN por grade de 1 km x 1km



ANEXO IV – Grade vetorial de 1 km x 1km com o CN para o território brasileiro



ANEXO V – Panorama geral da BHO_CN_2018

