



*Universidade Federal da Paraíba*  
*Centro de Tecnologia*  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E**  
**AMBIENTAL**  
**–DOUTORADO–**

**EFICIÊNCIA VOLUMÉTRICA DE RESERVATÓRIOS PARA**  
**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM EDIFICAÇÕES**  
**RESIDENCIAIS NO BRASIL**

*Por*

***Ysa Helena Diniz Morais de Luna***

*Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal da Paraíba para*  
*obtenção do grau de Doutor*

**João Pessoa – Paraíba**

**Março 2022**



*Universidade Federal da Paraíba*  
*Centro de Tecnologia*  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E  
AMBIENTAL  
–DOUTORADO–**

**EFICIÊNCIA VOLUMÉTRICA DE RESERVATÓRIOS PARA  
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM EDIFICAÇÕES  
RESIDENCIAIS NO BRASIL**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor.

**Ysa Helena Diniz Morais de Luna**

**Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior**

**Co-orientador: Prof. Dr. Cristiano das Neves Almeida**

**João Pessoa – Paraíba**

**Março 2022**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

L961e Luna, Ysa Helena Diniz Morais de.

Eficiência volumétrica de reservatórios para aproveitamento de água de chuva em edificações residenciais no Brasil / Ysa Helena Diniz Morais de Luna. - João Pessoa, 2022.

210 f. : il.

Orientação: Gilson Barbosa Athayde Júnior.

Coorientação: Cristiano das Neves Almeida.

Tese (Doutorado) - UFPB/CT.

1. Água pluvial. 2. Análise de reservatórios. 3. Eficiência. 4. Sistemas de captação. I. Athayde Júnior, Gilson Barbosa. II. Almeida, Cristiano das Neves. III. Título.

UFPB/BC

CDU 626.23 (043)

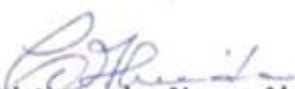
**YSA HELENA DINIZ MORAIS DE LUNA**

**EFICIÊNCIA VOLUMÉTRICA DE RESERVATÓRIOS PARA  
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM EDIFICAÇÕES  
RESIDENCIAIS NO BRASIL**

Tese aprovada em 18 / 05 / 2022 como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

**BANCA EXAMINADORA**

  
**Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior – UFPB**  
**Orientador**

  
**Prof. Dr. Cristiano das Neves Almeida – UFPB**  
**Coorientador**

  
**Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva – UFPB**  
**Examinador Interno**

  
**Prof. Dr. Victor Hugo Rabelo Coelho – UFPB**  
**Examinador Interno**

  
**Prof. Dr. Eduardo Henrique Borges Cohim Silva – UEFS**  
**Examinador Externo**

  
**Prof. Dr. Marcio Ricardo Salla – UFU**  
**Examinador Externo**

*Dedico este trabalho à minha família: Iara, Gil,  
Giliara e Demétrio.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço infinitamente aos meus pais, **Iara e Gil**, por sempre priorizarem a minha educação e me permitirem perseguir meus objetivos acadêmicos, me dando suporte, incentivos e acreditando no meu potencial. A torcida de vocês pela minha felicidade é a força motriz da minha vida.

Meu professor orientador **Dr. Gilson Barbosa**, sempre me incentivou a superar inseguranças e perseverar no desenvolvimento dessa tese. Ciente das minhas dificuldades, confiou na minha capacidade, nunca mediu esforços para me encorajar e mostrar potencialidades, prover materiais (físicos e teóricos), propiciar discussões vastas sobre essa temática, até eu me sentir segura e confiante para findar essa jornada. Agradeço demais todo o acompanhamento no desenvolvimento da minha caminhada acadêmica, me mostrando tantas oportunidades de crescimento e desenvolvimento como estudante e pesquisadora., desde a graduação até hoje.

Ao professor **Dr. Cristiano Almeida** pela apresentação do banco de dados que utilizamos, por ter me apresentado uma nova área do conhecimento e ferramenta essencial ao desenvolvimento desta tese, e pelo acompanhamento, sugestões e incentivos ao trabalho desde a apresentação do plano de tese. Agradeço em extensão aos membros da banca, **Dr. Tarciso Cabral da Silva, Dr. Eduardo Henrique Borges Cohim Silva, Dr. Márcio Ricardo Salla e Dr. Victor Hugo Rabelo Coelho** pesquisadores que, desde a qualificação, me auxiliaram a engrandecer este estudo.

À **CAPES** (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Brasil) pela bolsa de estudos que possibilitou a minha dedicação integral à pós-graduação e ao desenvolvimento da tese.

Agradeço enormemente à **Dr. Giliara Carol**, minha amada irmã que sempre me apoia, minha maior inspiração e desde sempre meu exemplo de estudante, profissional, mulher e ser humano. Obrigada por mostrar todas essas versões possíveis de ser, e de ser tão boa em todas elas, porque assim eu me espelho no que há de melhor! Você me apresenta um jeito lindo de levar a vida, se superar sempre e ver a beleza nas coisas mais simples.

Amigas que sempre estiveram próximas foram incentivadoras, tanto do meu crescimento acadêmico quanto pessoal. **Mariana Moreira, Dr. Wilza Silva (Chefa), Mariana Medeiros, Naná**, obrigada pela companhia nos estudos, momentos engrandecedores, cuidados com a minha saúde e amparo. Sou muito grata por tê-las comigo pois cada uma dessas mulheres me dá forças e me inspira de um jeito diferente.

Ao meu sobrinho (quase irmão) **Demétrio**, e amigos e amigas **Daniel, Renata, Raquel e Marcela** sempre tão próximos me fazendo gargalhar, me mostram outros vieses da vida, que partilhando visões de mundo distintas, tanto engrandecem minha vida. E sem esquecer da minha companheira felina, **Mia**, que ficava pra lá e pra cá passando em cima do teclado enquanto eu processava dados e elaborava imagens, e as vezes, enquanto eu escrevia,

me olhava com aquela cara de julgamento do tipo “Você pode fazer melhor, humana!”, ela é mestre e doutora por tabela!

Ao meu parceiro de jornada, **Juan Diego**, que tanto me incentivou e me dedicou atenção e paciência nesses anos - desde a inscrição na seleção do doutorado, à aprovação, dos desafios e estresses, até finalmente o momento que marquei a defesa. Você foi meu apoio mais próximo e constante, além de um exemplo de perseverança. Obrigada pelos momentos de escuta, aconselhamentos, e claro, pelos momentos de descontração e felicidades essenciais na minha vida! Esse ano, finalmente, nos tornaremos doutores!

Por fim, agradeço a Deus. Primeiramente pela saúde minha e da minha família. Ele que se mostrou presente na natureza, nas minhas plantas dentro de casa, na minha gata, nos pássaros que via passando da janela. Essa porção da natureza que eu tanto contemplei pra espalhar e sair da agonia de estar passando tanto tempo isolada em casa, sozinha. Ele também me confortou incontáveis vezes, nas dores e superações que ocorreram nesse período, me fazendo ver como são essenciais todos esses momentos, pra alcançar com serenidade meus objetivos. E assim sempre será.

Agradeço a todos, com muito carinho. A colaboração, direta ou indireta, de vocês foi essencial!

## RESUMO

Luna, Y. H. D. M. **Eficiência volumétrica de reservatórios para aproveitamento de água de chuva em edificações residenciais no Brasil.** 2022. 169p. Tese (Doutorado em Engenharia

Civil e Ambiental), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022.

Na atualidade, inúmeras ferramentas (índices, equações, eficiências) têm sido aplicadas ao dimensionamento dos reservatórios de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva (SCAAC), de modo a torná-los mais viáveis técnica e economicamente. Esta tese tem por objetivo apresentar coeficientes que possibilitam a análise do volume potencialmente aproveitável anualmente e da eficiência de reservatórios utilizados para aproveitamento de água de chuva em residências, quais sejam: coeficiente de eficiência volumétrica (CEV), coeficiente de eficiência volumétrica específica (CEVE) e coeficiente de correção de aproveitamento volumétrico (CCAV). Os coeficientes foram calculados com a utilização de séries diárias de precipitação, para todo o território brasileiro e por meio de geoprocessamento houve a elaboração de imagens consultivas. O CEV exprime o quantitativo de água pluvial que se pode aproveitar em um ciclo anual por unidade de volume de reservatório e alcançou valores mais elevados para cenários combinando maiores áreas de captação e menores volumes de reservatórios, sendo mais elevados na região amazônica, centro-oeste e sul e apresentando valores mais baixos nas regiões nordeste e sudeste, acompanhando a disponibilidade da precipitação pluviométrica. O CEVE foi proposto para melhor comparação da eficiência volumétrica dos reservatórios entre localidades com pluviosidade distintas, atenuando os efeitos da precipitação, e apresentou valores elevados na região nordeste, principalmente na região semiárida, possibilitando uma análise mais justa da eficiência volumétrica para localidades com baixos índices pluviométricos. Estes coeficientes podem ser utilizados como critério para priorizar alocação de recursos para implantação de SCAACs. Por sua vez, o CCAV permite a correção do volume aproveitável, quando da utilização de médias mensais de precipitação, reduzindo os erros na estimativa do volume aproveitado em um ciclo anual, e alcançou valores baixos na região norte e no semiárido nordestino e valores elevados na região sul, demonstrando maior relevância na aplicação e correção dos volumes nesta última região. O CEV e o CEVE se correlacionam fortemente com o índice de precipitação anual média, e O CCAV apresentou maior correlação com o coeficiente de variação da série diária de precipitação. A espacialização dos valores dos coeficientes, apresentada na forma de imagens, revelou-se uma ferramenta de fácil usabilidade para consumidores finais dos SCAACs e as correlações dos coeficientes com parâmetros pluviométricos permite expandir a abrangência da aplicação desses coeficientes por usuários fora do território abordado nesse estudo.

**Palavras-chave:** Água de chuva, análise de reservatórios, eficiência, CEVE, CEV, CCAV.

## ABSTRACT

Luna, Y. H. D. M. **Volumetric efficiency of reservoirs for rainwater use in residential buildings in Brazil**. 2022. 169p. Thesis (Ph.D. in Civil and Environmental Engineering), Federal University of Paraíba, João Pessoa, 2022.

Nowadays, numerous tools (indexes, equations, efficiencies) have been applied to the design of rainwater harvesting systems (RHS) reservoirs, to make them technically and economically more viable. This thesis aims to present coefficients that allow the analysis of the potential annual usable volume and the tank efficiency used in rainwater harvest in dwellings, called: volumetric efficiency coefficient (VEC), specific volumetric efficiency coefficient (SVEC), and volumetric usable correction coefficient (VUCC). The coefficients were calculated using daily precipitation series, for the entire Brazilian territory, and by geoprocessing, consultative images were elaborated. The VEC expresses the amount of rainwater that can be used in an annual cycle per unit of tank volume and reached higher values for scenarios combining larger catchment areas and smaller tank volumes, showing higher values in the Amazon, central- west and south regions, and lower values in the northeast and southeast regions, following the availability of rainfall. The SVEC was proposed to better compare the volumetric efficiency of tanks in locations with different rainfall, attenuating the effects of precipitation, and it presented higher values in the northeast region, especially in the semi-arid, allowing an improvement in the analysis of volumetric efficiency for locations with low rainfall. In its turn, the VUCC allows to correct the usable volume when calculated using monthly precipitation data, reducing estimating errors in the usable volume in an annual cycle, reaching lower values in the north and northeastern semi-arid regions. However, in the south region, there are higher VUCC values, demonstrating greater relevance in the application and correction of volumes. VEC and SVEC correlate well with the average annual precipitation index. The VUCC showed the highest correlation with the coefficient of variation of the daily rainfall series. The spatialization of the coefficient values, presented as images, proved to be an easy-to-use tool for end consumers of RHS, and the correlations of the coefficients with rainfall parameters allow expanding the application's scope of these coefficients by users outside the territory covered by this study.

**Keywords:** Rainwater, tank analysis, efficiency, VEC, SVEC, VUCC.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	
<b>LISTA DE TABELAS</b>	
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b>	

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>16</b>
<b>2. OBJETIVO GERAL</b>	<b>20</b>
2.1. Objetivos específicos	20
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>21</b>
3.1. A captação da água de chuva	22
3.2. Viabilidade do sistema	23
3.3. Dimensionamento de Sistemas de captação de água de chuva no Brasil	26
3.4. Otimização do reservatório de armazenamento	27
3.5. Séries de precipitação	38
3.6. Desenvolvimento dos coeficientes	39
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>42</b>
4.1. Área de estudo	42
4.2. Banco de dados de precipitação pluviométrica no Brasil	43
4.3. Cenários analisados e demanda por água da chuva	44
4.4. Modelo hidrológico do SCAAC	47
4.5. Construção dos Coeficientes	49
4.5.1. Coeficiente de Eficiência Volumétrica (CEV)	49
4.5.2. Coeficiente de Eficiência Volumétrica Específica (CEVE)	49
4.5.3. Coeficiente de correção de aproveitamento volumétrico (CCAV)	50
4.6. Elaboração de imagens/mapas	51
4.7. Parâmetros pluviométricos relacionados aos Coeficientes (CEV, CEVE e CCAV)	53
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>55</b>
5.1. Apresentação dos coeficientes	58
5.1.1. CEV	59
5.1.2. CEVE	66
5.1.3. CCAV	72
5.2. Correlação dos Coeficientes com Parâmetros intervenientes	78
5.2.1. Correlação CEV x Índice anual de precipitação médio	79
5.2.2. Correlação CEVE x Índice Anual de Precipitação médio	82
5.2.3. Correlação CCAV X CV	85

<b>6. CONCLUSÕES</b>	<b>88</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICE A</b>	<b>97</b>
<b>APÊNDICE B</b>	<b>106</b>
<b>APÊNDICE C</b>	<b>154</b>
<b>APÊNDICE D</b>	<b>182</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistemas de captação e armazenamento de água de chuva analisados. (Fonte: Adaptado de Severis <i>et al.</i> , 2019);	25
Figura 2. Nuvem de palavras das palavras-chave resultante de Revisão sistemática de literatura sobre otimização dos SCAAC. (Fonte: Semaan <i>et al.</i> , 2020).	29
Figura 3. Variação dos tamanhos ideais de reservatórios para 90% confiabilidade na Austrália. (Fonte: Adaptado de Khastagir e Jayasuriya, 2010).	30
Figura 4. Curvas de confiabilidade para residência com 2 habitantes e 60% da demanda por água pluvial para áreas de captação de 50m <sup>2</sup> (A) e 300m <sup>2</sup> (B). (Fonte: Adaptado de Imteaz <i>et al.</i> , 2011b)	31
Figura 5. Curvas adimensionais para confiabilidades para quatro sub-regiões: a, b, c e d. (Fonte: Adaptado de Liaw; Chiang, 2014).	32
Figura 6. Volume ótimo do reservatório (m <sup>3</sup> ) para diferentes limites de eficiência (ET) e áreas de captação (A) estudadas. (Fonte: Adaptado de Notaro <i>et al.</i> , 2016).	33
Figura 7. Curva da Confiabilidade de abastecimento de água dos SCAAC para diferentes volumes de armazenamento e demanda de água para os usos: (a) irrigação de gramado, (b) descarga de banheiro, e (c) combinação descarga de banheiro + irrigação de gramado. (Fonte: Adaptado de Jing <i>et al.</i> , 2017).	34
Figura 8. Mapa da Pluviometria anual no Brasil, dados de 1977 a 2006 (CPRM, 2013) publicado digitalmente pela ANA. (Fonte: CPRM, 2013 e ANA, 2021).	42
Figura 9. Distribuição espacial das estações pluviométricas no território do Brasil, por Xavier, King e Scanlon (2017).	43
Figura 10. Espacialização dos 2.823 pontos de dados diárias de precipitação extraídas do banco de dados de Xavier, King e Scanlon (2017) (1980-2015). (Fonte: Próprio autor.)	44
Figura 11. Captura de tela do <i>software</i> Qgis, ilustrando os dados utilizados no método “Inverse Distance Weighted Interpolation”.	52
Figura 12. Fluxograma dos materiais e métodos utilizados na presente pesquisa. (Fonte: Próprio autor.)	54
Figura 13. Precipitação média anual (1980-2015) na área de estudo.	55
Figura 14. Espacialização do Desvio Padrão das séries diárias de precipitação (1980-2015) calculados para área de estudo. (Fonte: Próprio autor.)	56
Figura 15. Espacialização do Coeficiente de Variação das séries diárias de precipitação (1980-2015) calculados para área de estudo. (Fonte: Próprio autor.)	57
Figura 16. Espacialização do CEV para padrão popular e para os cenários estudados. (Fonte: Próprio autor.)	63
Figura 17. Espacialização do CEV para padrão médio e para os cenários estudados. (Fonte: Próprio autor.)	64
Figura 18. Espacialização do CEV para padrão alto e para os cenários estudados. (Fonte: Próprio autor.)	65
Figura 19. Espacialização do CEVE para padrão popular e para os cenários estudados. (Fonte: Próprio autor.)	69
Figura 20. Espacialização do CEVE para padrão médio e para os cenários estudados. (Fonte: Próprio autor.)	70
Figura 21. Espacialização do CEVE para padrão alto e para os cenários estudados. (Fonte: Próprio autor.)	71
Figura 22. Espacialização do CCAV para padrão popular e para os cenários estudados. (Fonte: Próprio autor.)	75

Figura 23. Espacialização do CCAV para padrão médio e para os cenários estudados. (Fonte: Próprio autor.) .....	76
Figura 24. Espacialização do CCAV para padrão alto e para os cenários estudados. (Fonte: Próprio autor.).....	77
Figura 25. Gráfico de Disperção (n=2823) - CEV x Precipitação anual média para o cenário: padrão médio, área de captação de 120m <sup>2</sup> e volume de reservatório de 15m <sup>3</sup> . .....	80
Figura 26. Gráfico de Disperção (n=2823) - CEV x Precipitação anual média para o cenário: padrão alto, área de captação de 100m <sup>2</sup> e volume de reservatório de 30m <sup>3</sup> . .	80
Figura 27. Gráfico de Disperção (n=2823) - CEVE x Precipitação anual média para o cenário: padrão popular, área de captação de 100m <sup>2</sup> e volume de reservatório de 2m <sup>3</sup> . .....	83
Figura 28. Gráfico de Disperção (n=2823) - CEVE x Precipitação anual média para o cenário: padrão popular, área de captação de 100m <sup>2</sup> e volume de reservatório de 30m <sup>3</sup> . .....	83
Figura 29. Gráfico de Disperção (n=2823) - CCAV x CV para o cenário: padrão alto, área de captação de 200m <sup>2</sup> e volume de reservatório de 2m <sup>3</sup> .....	86
Figura 30. Gráfico de Disperção (n=2823) - CCAV x CV para o cenário: padrão médio, área de captação de 120m <sup>2</sup> e volume de reservatório de 5m <sup>3</sup> . .....	86

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição potencial de consumos potáveis e não potáveis em residências de acordo com o padrão econômico. ....	45
Tabela 2. Variáveis adotadas para cálculo do balanço hídrico e coeficientes. ....	46
Tabela 3. Coeficientes de escoamento superficial ( <i>runoff</i> ) em função do tipo de material da superfície de cobertura.....	47
Tabela 4. Correlação CEV x Precipitação anual média. ....	79
Tabela 5. Correlação CEVE x Precipitação anual média. ....	82
Tabela 6. CCAV x CV - Valores dos Coeficientes de Determinação ( $R^2$ ). ....	85

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- mm** - Milímetro
- m<sup>2</sup>** - Metro quadrado
- m<sup>3</sup>** - Metro cúbico
- %** - Percentual
- €** - Euro
- SCAAC** - Sistema de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva
- CEV** - Coeficiente de eficiência volumétrica
- CEVE** - Coeficiente de eficiência volumétrica específica
- CCAV** - Coeficiente de correção de aproveitamento volumétrico
- P1MC** - Programa Um Milhão de Cisternas
- P1+2** - O Programa Uma Terra e Duas Águas
- ASA** - Articulação no Semiárido Brasileiro
- ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- NBR** - Normas regulamentadoras brasileiras
- YAS** - *Yield after spillage*
- YBS** - *Yield before spillage*
- GBEM** - *Green building evaluation manual*
- USA** - Estados Unidos
- EAA** - Economia anual de água
- GCP** - Grau de Concentração de Precipitações anuais
- PCD** - *Precipitation concentration degree*
- P<sub>cr</sub>** - Precipitação crítica
- IE** - Índice de Eficiência
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- CPRM** - Serviço Geológico do Brasil
- ANA** - Agência Nacional de Águas
- INMET** - Instituto Nacional de Meteorologia
- ADW** - *Angular distance weighting*
- IDW** - *Inverse distances weight*
- C<sub>ES</sub>** - Coeficiente de escoamento superficial
- O(t)** - Oferta de água
- P(t)** - Precipitação pluviométrica

- A** - Área de captação
- D<sub>NP</sub>** - Demanda não-potável
- C<sub>NP</sub>** - Consumo per capita de água não-potável
- P<sub>OP</sub>** - População da residência
- S(t)** - Saldo de água reservada,
  - V<sub>R</sub>** - Reservatório de armazenamento,
  - V<sub>EX</sub>** - Extravasados do reservatório
- S<sub>(t-1)</sub>** - Saldo no tempo t-1
  - V<sub>A</sub>** - Volume aproveitável no ciclo anual
- O<sub>AC</sub>** - Oferta acumulada no ano
- V<sub>EX AC</sub>** - Volume extravasado acumulado no ano
  - V<sub>AD</sub>** - Volume aproveitado anualmente com base em séries diárias de precipitação
  - V<sub>AM</sub>** - Volume aproveitado com base nas médias mensais
- DP** - Desvio padrão
- CV** - Coeficiente de Variação
  - r<sup>2</sup>** - Coeficiente de determinação

## 1. INTRODUÇÃO

Fatores como o crescimento populacional, a urbanização, a degradação dos corpos hídricos e as mudanças climáticas acabam por diminuir a disponibilidade de água potável para o consumo. Uma das alternativas empregadas para contribuir com a redução da extração de água dos mananciais superficiais e subterrâneos para o atendimento da demanda hídrica dos grandes centros urbanos é a captação e aproveitamento de água de chuva em edificações. Neste contexto, a água pluvial pode ser amplamente aplicada nos usos não potáveis tais como: descarga em bacias sanitárias, rega de jardins, paisagismo e lavagem de pisos, dentre outros.

No Brasil, essa prática é bem difundida no meio rural das regiões semiáridas, principalmente através dos Programas “Um Milhão de Cisternas” e “Água para todos”, sendo neste caso, utilizada inclusive para consumo humano. Por outro lado, é bem menos adotada no meio urbano, onde em geral os sistemas convencionais de abastecimento de água atendem quase à totalidade da demanda e da população.

No entanto, recentemente, no contexto urbano, crises no abastecimento e necessidades imperativas do uso racional da água tem provocado um aumento no interesse por esta fonte alternativa.

A implantação dos sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva (SCAAC) transcorre por análises de viabilidade técnicas e econômicas, devendo considerar variáveis tais como: tarifa de água praticada pela distribuidora de água de abastecimento público, custo dos materiais construtivos do sistema de captação e aproveitamento, área de captação disponível, demanda por água de chuva e regime das precipitações da localidade.

Atualmente é dada maior atenção ao dimensionamento do reservatório uma vez que é o item mais oneroso do sistema e, portanto, a análise da otimização deste se faz importante para favorecer à viabilidade técnica e econômica do sistema. É imprescindível evitar situações de super ou subdimensionamentos que prejudiquem a usabilidade do sistema, e para tanto se faz essencial o desenvolvimento de metodologias e ferramentas que possam auxiliar na análise e indiquem dimensionamentos que resultem em elevadas eficiências destes dispositivos, considerando as particularidades de cada situação.

Um dimensionamento adequado do reservatório irá refletir na quantidade de água aproveitável. Para estimativa do volume de água de chuva que pode ser aproveitada em um ciclo anual, pode-se proceder ao balanço hídrico no reservatório com base em médias mensais de precipitação. Tal procedimento é bastante utilizado, uma vez que as médias

mensais constituem informação facilmente disponível, além de ser um processo de simples execução, até mesmo por usuários leigos no assunto. No entanto, esta abordagem resulta em imprecisões relacionadas a extravasamentos, que podem ocorrer dentro de um dado mês, devido às chuvas de elevada intensidade.

O balanço hídrico efetuado com base em séries diárias de precipitação resulta em estimativas mais precisas dos volumes de água que podem ser aproveitados, em relação à quando se utiliza médias mensais. Isto ocorre devido a uma contabilização mais exata dos extravasamentos ocasionado pelas eventuais chuvas intensas que podem acontecer no decorrer do mês. Por outro lado, séries diárias históricas representativas podem ser de difícil obtenção, ou até mesmo serem inexistentes para determinadas localidades, além de que, quando disponíveis, o processamento depende de execução complexa, o que pode dificultar a utilização por parte dos usuários leigos. Neste sentido, uma abordagem que possa atenuar este problema é de grande relevância para o tema.

Um aspecto importante a ser considerado num sistema de captação e aproveitamento de água de chuva é a sua viabilidade econômica, comparativamente aos sistemas coletivos de abastecimento de água. Tal viabilidade é diretamente favorecida pela quantidade de água pluvial que se pode aproveitar, e evita-se adquirir da concessionária. Por outro lado, a viabilidade econômica é prejudicada pelos custos de instalação, operação e manutenção do sistema, cujo componente mais oneroso é o reservatório.

Neste sentido, um parâmetro que envolva o volume de água de chuva aproveitável e o volume do reservatório relacionando estes à eficiência do sistema, seria de grande destaque para análises relacionadas à eficiência do sistema. A eficiência do sistema é aqui considerada como a quantidade de água aproveitada em um dado ciclo temporal, por unidade de volume do reservatório.

Há ainda que se considerar que o Brasil, sendo um país de dimensões continentais, apresenta bastante diversidade de regimes pluviométricos, fazendo com que uma análise para uma determinada localidade, possa não servir para outra.

Desse modo, são necessários estudos que calculem a eficiência dos reservatórios, considerando que, em muitos casos, não é necessária a adoção do volume de reservatório que resulte em 100% de eficiência de atendimento da demanda, pois, volumes menores de reservatórios podem atender grande parte da demanda, e sua aquisição é de menor custo. Além disso são necessários mais estudos considerando reservatórios pré-fabricados de menores volumes, que são aplicados em SCAACs urbanos, não abordados pela maioria das pesquisas.

Neste contexto, observa-se a possibilidade de conceber coeficientes para analisar a eficiência dos SCAACs em residências urbanas considerando uma variedade de cenários que represente adequadamente a tipicidade dos fatores intervenientes encontrados na realidade brasileira, de modo a facilitar a tomada de decisão por parte dos usuários leigos sobre o volume de reservatório mais adequado.

Por isso, o objetivo deste trabalho é apresentar coeficientes de simples e fácil utilização para análises dos volumes potencialmente aproveitáveis de água e da eficiência volumétrica dos reservatórios, parâmetro este potencialmente relacionado à tendência de viabilidade econômica dos SCAAC.

Tais coeficientes serão calculados, para todo o território brasileiro, com base em séries diárias de precipitação e que são relacionados à análise da eficiência de reservatórios para captação e uso de água de chuva em edificações residenciais, a saber: (1) coeficiente de eficiência volumétrica (CEV), (2) coeficiente de eficiência volumétrica específica (CEVE) e (3) coeficiente de correção de aproveitamento volumétrico (CCAV).

O CEV é um coeficiente inédito, aqui concebido como o quociente entre o volume de água de chuva que se pode aproveitar em um ciclo anual e o volume do reservatório. Este coeficiente pode auxiliar na análise da tendência da viabilidade econômica de sistemas prediais para captação e uso das águas de chuva, uma vez que, quanto maior este coeficiente, maior será a quantidade de água aproveitada (benefício) por unidade de volume do reservatório (custo) e, portanto, maior também a tendência de viabilidade econômica.

O CEVE, também inédito, é definido pelo quociente entre o CEV e o índice de precipitação anual, e tem por finalidade atenuar os efeitos decorrentes da diversidade do índice anual de precipitações sobre a eficiência volumétrica do reservatório, permitindo comparações da eficiência de um dado volume de reservatório entre regiões de índices pluviométricos diferentes.

Por fim, o CCAV é uma adaptação de um coeficiente já estudado por Dias (2007), Lacerda e Athayde Júnior (2015), Sales (2016) e Da Silva e Athayde Júnior (2020), tratado como “Coeficiente de Confiabilidade Volumétrica”, e representava o quão confiável era o cálculo do volume aproveitável calculado usando dados de precipitação em bases mensais, com o foco na simulação de extravasamentos. Neste trabalho, por sua vez, o CCAV que se apresenta como a razão entre o volume aproveitável de água de chuva estimado com base em médias mensais de precipitação pluviométrica e o valor correspondente estimado com base na série diária de precipitações. Este coeficiente permite a correção da estimativa do

volume aproveitável de água de chuva em um ciclo anual, calculado com base nas médias mensais de precipitação, para um valor com base em séries diárias de precipitação.

Salienta-se que dos três coeficientes aqui propostos, dois são inéditos no cenário técnico-científico e um é uma adaptação, sendo calculados utilizando banco de dados composto por séries diárias de precipitação e de abrangência em todo o território nacional. Estes coeficientes foram planejados para contribuir, embasar e facilitar a tomada de decisão por parte dos usuários-finais, projetistas ou gestores dos sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva.

## 2. OBJETIVO GERAL

Com o propósito de facilitar a análise da eficiência de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva e de volumes adequados de reservatórios para armazenamento de água de chuva aplicados às edificações residenciais, o objetivo deste trabalho é apresentar os coeficientes, a saber: (1) coeficiente de eficiência volumétrica (CEV) (2) coeficiente de eficiência volumétrica específica (CEVE) e (3) coeficiente de correção de aproveitamento volumétrico (CCAV).

### 2.1. Objetivos específicos

- Calcular os coeficientes, CEV, CEVE e CCAV para três padrões sociais de residências, para volumes de reservatórios e áreas de captação pré-fixados;
- Analisar a espacialização dos coeficientes CEV, CEVE e CCAV, em território brasileiro;
- Investigar a correlação entre parâmetros pluviométricos com os coeficientes CEV, CEVE e CCAV para possibilitar a aplicação dos coeficientes fora do território brasileiro.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

Dois fatores principais contribuem para redução da disponibilidade hídrica, são eles: o crescimento populacional e a deterioração dos recursos hídricos, que por sua vez, tem motivado a busca por fontes de água novas e alternativas, visando aumentar o volume da água destinada ao abastecimento (AMORIM; PEREIRA, 2008).

O Sistema de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva (SCAAC) é uma alternativa amplamente utilizada na história, mas na atualidade essa prática tem refletido preocupações com o uso racional da água, promovendo economia significativa de água potável (GHISI *et al.* 2007).

Outro aspecto positivo, citado por Campisano *et al.* (2017), é que os SCAACs podem ser considerados como sistemas de drenagem sustentável, ou seja, medida complementar para reduzir a frequência, picos e volumes de escoamento urbano se os sistemas forem adequadamente projetados. Pavalová *et al.* (2019) e Khan e Imteaz (2020) complementam os aspectos positivos enfatizando que os SCAACs funcionam como uma medida não-estrutural no sistema de drenagem urbana e auxilia ainda na redução da contribuição indevida de águas pluviais em estações de tratamento de esgoto.

Além dos fatores mencionados, os SCAACs têm uma série de outros benefícios tais como: redução do consumo de energia e das emissões de gases de efeito estufa; e a descentralização do abastecimento de água, o que pode promover uma situação mais favorável em regiões de baixa renda (MUSAYEV *et al.*, 2018).

Estudos mais aprofundados sobre a melhoria desse sistema, têm sido desenvolvidos em diversas localidades do mundo, tais como Pavalová *et al.* (2019) na Eslováquia, Faragó *et al.* (2019) na Dinamarca, Jing *et al.* (2017) na China, Moniruzzaman e Imteaz (2017) e Imteaz (2011) na Austrália, Notaro *et al.* (2016) na Itália, Karim *et al.* (2015) em Bangladesh, Steffen *et al.* (2013), Ghisi *et al.* (2007) e Teston *et al.* (2018) no Brasil, dentre outros.

Verifica-se desta forma, a importância dos estudos acerca de aplicações, para avaliação da qualidade e quantidade de água de chuva coletada e das viabilidades técnicas e econômicas de sistemas de armazenamento de água pluvial. Mediante tais discussões, o tópico atualmente mais discutido é a temática da otimização dos sistemas, assunto abordado na revisão de literatura sistemática efetuada por Semaan *et al.* (2020) que discutem em particular as ferramentas de modelagem desenvolvidas com vistas à simplificação, avaliação e projeto dos SCAACs, com foco específico no dimensionamento dos reservatórios de armazenamento.

### 3.1. A captação da água de chuva

No Brasil, as intensas diferenças climáticas podem conferir dificuldade adicional à gestão da água, pois apesar de apresentar elevados índices pluviométricos em quase todo o seu território, a água da chuva é geralmente considerada fonte de água apenas em regiões onde é escassa, como o Semiárido Brasileiro (TESTON *et al.* 2018). Nestas regiões ocorre a “cultura do estoque” de água para suprir diversos usos, tais como consumo humano, produção de alimentos e consumo dos animais. A água de chuva é então armazenada em reservatórios, que em tal contexto são chamados de cisternas, localizadas próximas às residências, se tornando assim uma forma descentralizada e democrática de distribuição da água.

Dentre os programas de apoio à universalização da água, pode-se citar os originados da Articulação Semiárido Brasileiro desde o início dos anos 2000, iniciando as atividades com o Programa “Um Milhão de Cisternas” (P1MC) visando atender à necessidade básica destas populações que é o consumo humano. E para ampliar o acesso a água foram criados o Programa “Uma Terra e Duas Águas” (P1+2) em 2007, e o Projeto “Cisternas nas Escolas” em 2009, e atualmente conta com mais de 739.642 ações (cisternas) distribuídas pelo Semiárido Brasileiro (ASA, 2020).

Somados a estes, o Ministério do Desenvolvimento Regional apresentou o Programa “Água para Todos”, instituído por decreto em 2011, iniciado no semiárido da região nordeste e do norte de Minas Gerais, estipulando uma meta de instalação de 750 mil cisternas, no período de julho de 2011 a dezembro de 2014, sendo 450.000 cisternas de placas e 300.000 cisternas de polietileno (BRASIL, 2019). Verificando assim, que com base nos programas citados, houve a implantação de aproximadamente 1,9 milhões de cisternas instaladas até o ano de 2019.

Silva *et al.* (2021) afirmam que a água armazenada nas cisternas não é suficiente para o desenvolvimento de atividades agrícolas em regiões semiáridas do Brasil, no entanto é uma fonte alternativa de água muito importante para o uso doméstico. Destacam que para o aumento da efetividade das cisternas, se fazem necessárias adaptações como o aumento da área de captação, e por isso há grande incentivo e relevância da adoção de cisternas de “calçada”, para tornar o escoamento das chuvas em água coletada, aumentando assim a oferta de água nas cisternas destinadas à atividade da agricultura.

Além da quantidade de água armazenada nos SCAACs ser benéfica para subsistência, é necessário verificar a qualidade da água de chuva, a fim de evitar problemas de saúde relacionados à sua aplicação em usos diretos e não diretos.

Farto e da Silva (2018) recentemente estudaram e compararam a qualidade das águas armazenadas nas cisternas, que podem ser águas de chuvas ou, oriunda de açudes (utilizadas quando a água de chuva não é suficiente para suprir as necessidades hídricas), em comunidades rurais no estado da Paraíba. Análises físicas, químicas e microbiológicas foram efetuadas no ano de 2017, em doze cisternas, sendo seis abastecidas com águas de chuva e seis abastecidas com águas provenientes de açudes, nas quais 13 parâmetros de qualidade da água foram analisados e confrontados com a Portaria do Ministério da Saúde nº05/2017. Com este estudo, verificou-se a viabilidade da utilização da água de chuva por se assemelharem aos padrões de potabilidade, exceto o microbiológico, enquanto nas águas oriundas de açudes, apenas 4 parâmetros (amônia, nitrato, sulfato e *E. coli*) apresentaram conformidade dentre os 13 parâmetros analisados e preconizados na Portaria nº5/2017. Ainda no contexto rural, Gnadlinger (2007) mostra que, em termos de parâmetros físicos, a qualidade da água de chuva armazenada no reservatório melhora com o tempo, sobretudo devido ao processo de sedimentação dos sólidos presentes na mesma.

No contexto urbano, vários trabalhos também atestam a excelente qualidade das águas de chuva, com padrões compatíveis com a grande maioria dos usos não potáveis (VACCARI et al, 2005; PINHEIRO *et al.*, 2005; JAQUES *et al.*, 2006; LUNA *et al.*, 2014).

### 3.2. Viabilidade do sistema

Os SCAACs são essenciais para atender às necessidades domésticas de água tanto em comunidades semiurbanas remotas, onde não existe um sistema centralizado de abastecimento de água potável, quanto em áreas urbanas desenvolvidas onde há sistemas centralizados de abastecimento de água potável (SILVA; MAIA, 2021).

Apesar de mais antiga nas regiões com escassez de água, a captação e aproveitamento de água de chuva tem cada vez mais ocorrido no ambiente urbanizado, sendo considerada por Liaw e Chiang (2014) uma inovação na construção, mesmo na atualidade. Ghisi *et al.* (2007) ao estudar informações de 195 cidades da região sudeste do Brasil, citam que o potencial de economia de água potável em residências pode alcançar 41%, mediante a aplicação de água de chuva para fins potáveis (precedido de tratamento adequado) e não potáveis, demonstrando dessa forma a viabilidade técnica para o sistema.

Verificando estudos para áreas urbanas no nordeste do Brasil, particularmente na cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, Athayde Júnior *et al.* (2008) estudaram a viabilidade técnica, econômica e social da captação de água de chuva em residências destinada a usos não potáveis. Relataram que o potencial de usos não-potáveis que podem ser atendidos por água de chuva pode alcançar valores de 84%, 87% e 89% de atendimento da demanda considerando padrões socioeconômicos popular, médio e alto, respectivamente, demonstrando assim a alta viabilidade técnica apresentada por essa alternativa.

Para aplicação que não a residencial, Salla *et al.* (2013) abordaram a verificação da viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidades, no caso a Universidade Federal de Uberlândia, no estado de Minas Gerais. Sob o ponto de vista quantitativo, verificaram que pelo método computacional Netuno, volumes de acumulação de 7,9 m<sup>3</sup> a 18,2 m<sup>3</sup> alcançariam um potencial de economia de água potável entre 18,2% e 53,2%. Sob ponto de vista qualitativo, mediante aplicação do descarte “*first flush*” de 2,5mm de água pluvial, associado a uma melhoria no sistema de retenção de sólidos suspensos na entrada do reservatório de armazenamento, a água pluvial teria condições de atendimento dos parâmetros de qualidade da água, tornando-se viável tecnicamente a aplicação do aproveitamento das águas pluviais.

No entanto, outro fator determinante para a implementação de um SCAAC é viabilidade econômica (TESTON *et al.*, 2018). As principais considerações sobre ser viável ou não financeiramente abordadas na literatura remetem ao elevado custo de capital inicial para instalar o sistema (SILVA e MAIA 2021), como foi o caso relatado por Severis *et al.* (2019), que teve por objetivo efetuar análises econômicas e de risco de três sistemas de captação e armazenamento de água de chuva destinados ao abastecimento de água em residências unifamiliares, para dar suporte aos consumidores.

Os três sistemas escolhidos para análise consideraram os formatos mais comuns de sistemas aplicados nas residências brasileiras. Os sistemas apresentados na Figura 1 foram: (A) sistema simples, com tratamento simplificado, utilizando apenas gravidade atendendo uma menor demanda; (B) sistema com cisterna inferior e reservatório superior, adotado tratamento básico, utilizando bombeamento; e por último, (C) sistema onde a água de chuva é distribuída da cisterna por pressão, sendo os dois últimos sistemas com elevada demanda por água para fins não potáveis.

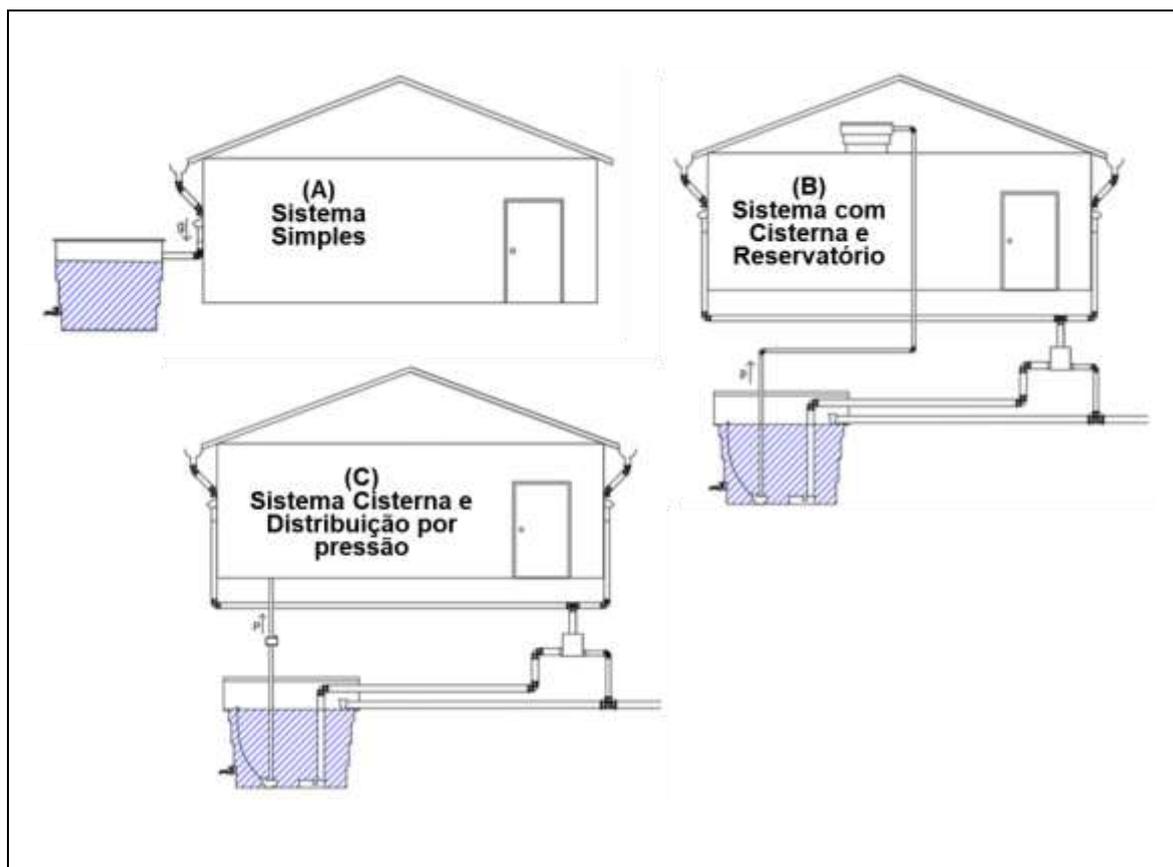


Figura 1. Sistemas de captação e armazenamento de água de chuva analisados.  
(Fonte: Adaptado de Severis *et al.*, 2019);

Os autores verificaram que os reservatórios de armazenamento representavam percentualmente o investimento inicial de 68% para o sistema (A), 43% para o sistema (B) e 42% para o sistema (C), reforçando que os reservatórios foram os itens mais onerosos dos sistemas analisados. Concluíram também que quanto maior a demanda, maior é a viabilidade do sistema, o que se verifica nos sistemas (B) e (C).

Outros aspectos que devem ser observados e estão relacionados a viabilidade econômica dos sistemas, dentre eles: a escolha do método usado para dimensionamento dos reservatórios de armazenamento da água de chuva, a tarifa da água de abastecimento praticada, a oferta de águas pluviais (incluindo a distribuição sazonal) e a demanda por água de chuva (GERALDI; GHISI, 2019, JING *et al.*, 2017; AMOS *et al.*, 2016; MORALES-PINZÓN *et al.*, 2015; CHAIB *et al.*, 2015; FARRENY *et al.*, 2011a; ATHAYDE JÚNIOR *et al.*, 2008; AMORIM; PEREIRA, 2008).

Athayde Júnior *et al.* (2008), considerando valores de tarifas empregados na cidade de João Pessoa (Brasil) em 2006, concluíram que a economia decorrente do aproveitamento das águas pluviais não seria suficiente para cobrir os custos de implantação, operação e manutenção dos sistemas para os padrões socioeconômicos popular e médio, para cidade de

João Pessoa. No entanto, simularam que para cenários futuros de tarifas mais elevadas a serem considerados, pode-se tornar uma alternativa economicamente viável.

Em um cenário diferente, como consideram Pavalová *et al.* (2019), para cidades da Eslováquia, mediante substituição de 54% da demanda de água potável por água de chuva, é possível alcançar € 225,00 (euros) de economia anual, e por isso os autores consideram a prática como benéfica economicamente e ambientalmente.

Percebe-se que a alternativa pode ser economicamente viável ou não, a depender das circunstâncias. Há ainda que se considerar a característica mutante de uma análise econômica, uma vez que os parâmetros monetários variam com o tempo e com o local, podendo passar inclusive de uma situação de viabilidade para uma de inviabilidade ou vice-versa.

### 3.3. Dimensionamento de Sistemas de captação de água de chuva no Brasil

Dada a significativa relevância da temática com usos amplos e difundidos, se faz indispensável a utilização de técnicas adequadas na concepção e construção desses sistemas. No caso do Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) apresenta Normas Regulamentadoras Brasileiras (NBR) referentes ao aproveitamento da água de chuva no que diz respeito ao dimensionamento e a seus usos preconizados.

A primeira edição da NBR 15.527/2007 (substituída pela segunda edição em 2019) fornecia os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis (ABNT, 2007). Neste documento constam recomendados seis métodos para dimensionamento de reservatórios, a saber: Método de Rippl, Método da Simulação, Método de Azevedo Neto, Método prático Alemão, Método prático Inglês e Método prático Australiano. No entanto, a literatura reporta que, em se comparando os métodos apresentados na NBR 15.527/2007, há resultados discrepantes nos volumes dos reservatórios obtidos, por vezes resultando em superdimensionamento e em outras subdimensionamento (SOUZA, et al, 2017; RUPP et al, 2011; BEZERRA *et al.*, 2010; AMORIM; PEREIRA, 2008).

A atual versão desta norma (ABNT, 2019a) suprime a recomendação de métodos de dimensionamento e apresenta que a “disponibilidade teórica de água de chuva para captação depende da precipitação, da área de captação, do coeficiente de escoamento superficial da cobertura e da eficiência do sistema de tratamento”, resultando assim em fórmula de cálculo de um “Volume Disponível”, estimado a partir de dados de precipitação média que podem

ser de abrangência anual, mensal ou diária. Desta forma, a norma recomenda apenas um método genérico a ser aplicado para todas as situações de dimensionamento.

Uma segunda norma da ABNT que trata da temática é a NBR 16.783/2019, na qual encontra-se procedimentos e requisitos para caracterização, dimensionamento, uso, operação e manutenção de sistemas de fontes alternativas de água não potável em edificações com uso residencial, comercial, institucional, de serviços e de lazer (ABNT, 2019b). Esta norma trata de informações detalhadas acerca de requisitos gerais para fontes alternativas de água não potável, esclarece potenciais usos, estabelece os parâmetros de qualidade da água não potável, detalha materiais e componentes que podem ser aplicados nos sistemas, informa sobre tratamento e formas de armazenamento da água não potável. Portanto, é um documento de elevada importância para que os sistemas de captação de água de chuva sejam executados e operados de modo seguro, salubre e efetivamente trazendo benefícios.

Salienta-se que ambas as normas (NBR 15.527/2019 e NBR 16.783/2019) identificam os usos não potáveis que podem ser aplicados em edificações, tais como:

- Sistemas de resfriamento a água;
- Arrefecimento de telhados
- Descarga de bacias sanitárias e mictórios, independentemente do sistema de acionamento;
- Lavagem de veículos;
- Lavagem de pisos, logradouros, pátios, garagens e áreas externas;
- Reserva técnica de incêndio;
- Uso ornamental (fontes, chafarizes e lagos);
- Irrigação para fins paisagísticos (parques, jardins, campos de esporte e de lazer urbanos, ou áreas verdes)

#### 3.4. Otimização do reservatório de armazenamento

Embora haja estudos sobre a captação de água de chuva na literatura a décadas, novas tecnologias para SCAAC em edificações têm sido objeto de pesquisa, resultando em um expressivo aumento no número de estudos sobre a temática (TESTON *et al.* 2018). Dentre os pontos estudados, está o foco no dimensionamento do sistema e a busca por sua otimização, existindo estudos complexos e tecnológicos, com diferentes metodologias para sua determinação.

Um trabalho pioneiro na questão de análise da performance de sistemas hídricos foi o desenvolvido por Hashimoto, Loucks e Stedinger (1982), que acrescentou três critérios analíticos além dos parâmetros estatísticos de média e variância, os quais não passavam de simples fornecedoras de descrições vagas do mal funcionamento dos sistemas em situações de falha, geralmente resultantes de secas severas, enchentes extensas e picos de demanda. Estes autores apresentam três critérios adicionais: confiabilidade, resiliência e vulnerabilidade. Entenderam confiabilidade como a frequência (ou probabilidade) do sistema estar em estado satisfatório, ou seja, na ausência de falhas, efetivamente atendendo as demandas impostas ao sistema. Este conceito de confiabilidade inicialmente foi pensado para grandes reservatórios e represas, mas pela analogia da funcionalidade, torna-se pertinente a aplicação aos SCAAC, especificamente aos reservatórios de armazenamento.

Visto que o reservatório para armazenamento das águas de chuva é quase sempre o item mais oneroso do sistema (KHASTAGIR; JAYASURIYA, 2010; CAMPISANO; MODICA, 2012; SANTOS; TAVEIRA-PINTO, 2013; SEVERIS *et al.*, 2019), a definição de suas dimensões influencia diretamente na viabilidade econômica da alternativa. O reservatório, portanto, necessita de um dimensionamento que equilibre os custos de implantação com a garantia de que haverá o atendimento total ou majoritário da demanda por água de chuva, o que é colocado na literatura como “otimização” do sistema (KHASTAGIR; JAYASURIYA, 2010; SEMAAN *et al.*, 2020).

Como o volume do reservatório de armazenamento de água de chuva é resultado da combinação de diversas variáveis, dependendo da metodologia adotada, surge então a necessidade de buscar um volume de reservatório que melhor atenda a demanda, considerando condições particulares de cada localidade.

Semaan *et al.* (2020) em revisão sistemática de literatura, tiveram como objetivo definir o foco da otimização dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, bem como os métodos utilizados, as limitações dos estudos existentes e as implicações para a prática. Observaram principalmente artigos relacionados à otimização das variáveis relacionadas ao projeto do sistema que impactam diretamente o volume do reservatório. Interessante a construção de uma “nuvem de palavras” construída com os termos mais frequentemente utilizadas como palavras-chave, sendo as principais “rainwater” (água da chuva), seguido por “harvesting” (captação), “water” (água) e “tank” (taque/reservatório), como mostra a Figura 2, na qual o tamanho da fonte indica a frequência das palavras.



explicitadas, para auxiliar na compreensão da aplicação destes critérios e do seu significado para cada autor.

Khastagir e Jayasuriya (2010) estudaram a otimização de reservatórios para armazenamento de água da chuva em Melbourne (Austrália) a partir da seleção do volume ótimo do reservatório como função da precipitação anual, demanda de água e área de captação baseado no fornecimento e na confiabilidade desejada. Neste caso a confiabilidade foi definida como a relação entre o número de dias que o tanque não está vazio, sobre o número total de dias observados, obtendo como produto uma curva adimensional de confiabilidade (Figura 3).

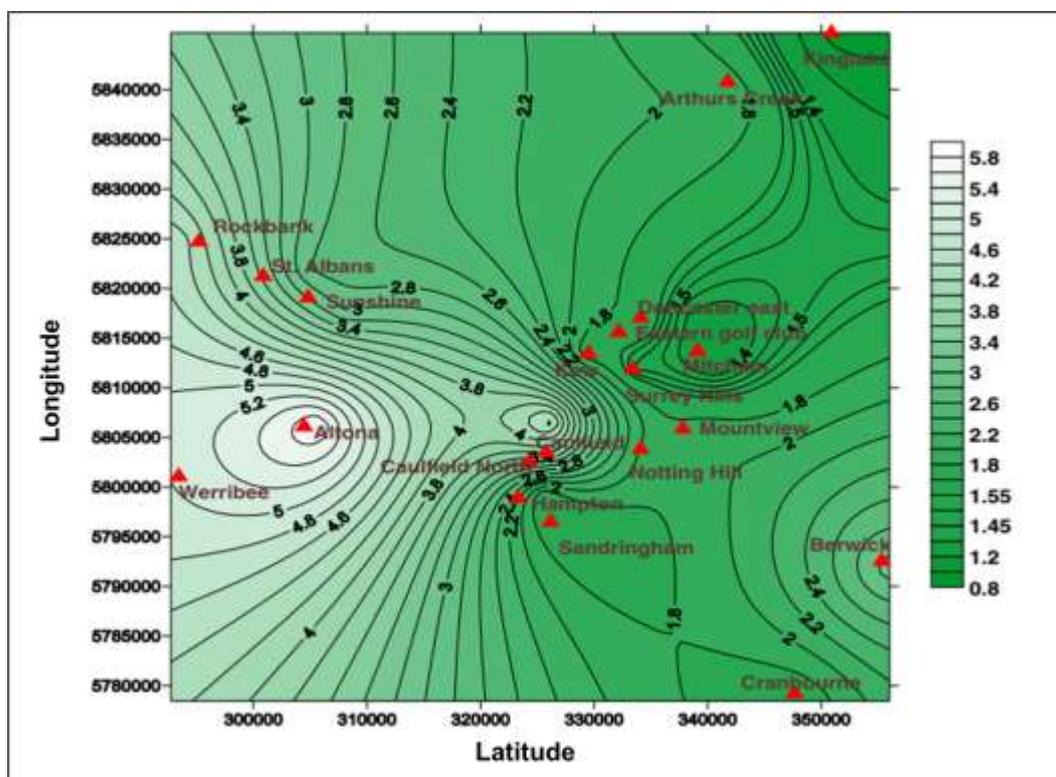


Figura 3. Variação dos tamanhos ideais de reservatórios para 90% confiabilidade na Austrália. (Fonte: Adaptado de Khastagir e Jayasuriya, 2010).

As curvas foram construídas considerando as variáveis: demanda não potável, área de captação, precipitação média anual, volume do reservatório, e foram plotadas sobre área estudada demonstrando assim a variação. É possível observar a variação dos tamanhos ideais de reservatórios para confiabilidade de abastecimento de água de 90% apenas a partir de uma área de captação de 100 m<sup>2</sup> e demanda de água para descarga de vasos sanitários e irrigação de jardins.

Imteaz *et al.* (2011b) calcularam e analisaram a confiabilidade dos reservatórios de armazenamento especificamente para cidade de Melbourne utilizando precipitações diárias

e efetuando balanço de massa para três diferentes cenários climáticos (seco, médio e chuvoso), para diversos volumes de reservatórios (de 1.000 a 10.000L) e áreas de captação (50 a 300m<sup>2</sup>), demanda de água per capita de 185L/dia, variado o número de habitantes do domicílio (2 a 4 habitantes), e percentual demanda por água pluvial variando de 60, 70 e 80% da demanda total. Estabeleceram que a confiabilidade seria a relação entre o número de dias em um ano em que houve o atendimento à demanda e o número total de dias. Após as simulações, curvas mostraram a correlação existente entre as variáveis adotadas e os diferentes efeitos destes na confiabilidade do sistema (Figura 4).

Para a área de Melbourne, a confiabilidade apresenta valores baixos para cenários que adotaram áreas de captação abaixo de 150m<sup>2</sup>, e quanto maior a área de captação, mais elevada é a confiabilidade. No entanto, o aumento da demanda afeta negativamente a confiabilidade, necessitando de volumes maiores do que os estudados para atingir eficiência de 100% (Imteaz *et al.* 2011b).

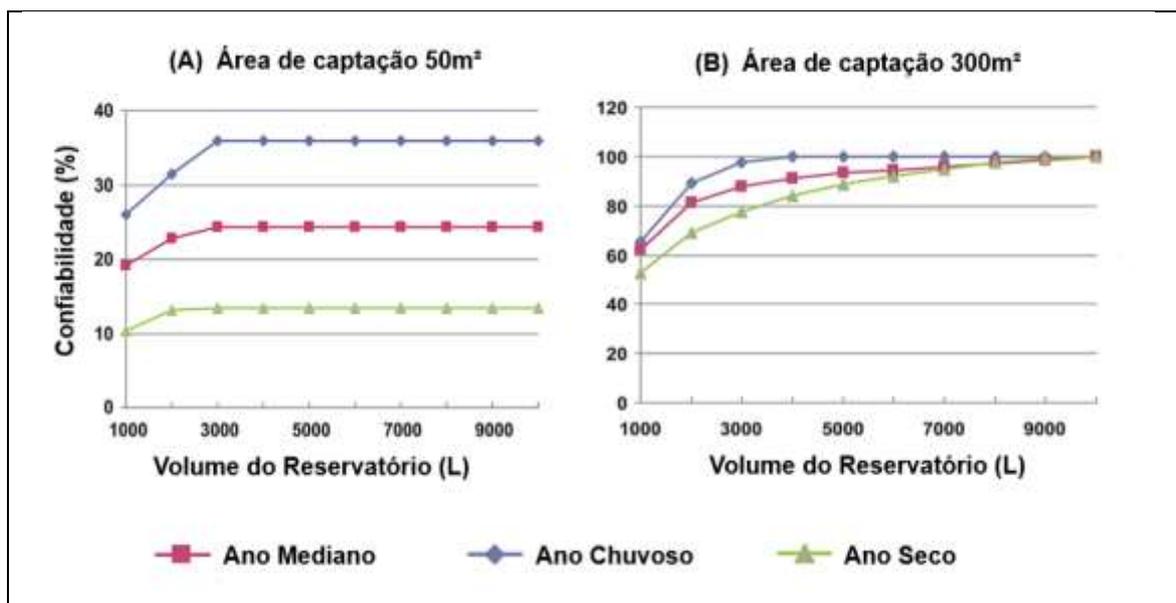


Figura 4. Curvas de confiabilidade para residência com 2 habitantes e 60% da demanda por água pluvial para áreas de captação de 50m<sup>2</sup> (A) e 300m<sup>2</sup> (B). (Fonte: Adaptado de Imteaz *et al.*, 2011b)

Liaw e Chiang (2014) procederam a uma análise adimensional em SCAACs no norte de Taiwan, para solucionar a problemática de algumas áreas que não têm dados pluviométricos disponíveis ou há dados incompletos. Por meio dessa metodologia, consideraram combinações de demanda de água pluvial, capacidade de armazenamento, área de captação e confiabilidade do suprimento de água pluvial. Para isto, a confiabilidade foi calculada como quociente entre o fornecimento de água da chuva pelo reservatório e a

demanda de água. Foi efetuado processamento das variáveis por modelos de regressão, considerando confiabilidades de 50, 70, 80, 90 e 95% e, mediante a comparação dos dados obtidos por meio análise adimensional, demonstraram grande concordância entre os volumes de armazenamento obtidos das curvas (Figura 5). Por fim, os autores apontaram que o método recomendado em Taiwan (“*Green Building Evaluation Manual*” - GBEM) não considerava o conceito de confiabilidade do sistema nem os limites de armazenamento, subestimando-os, recomendando assim uma revisão futura para aprimorar o método GBEM.

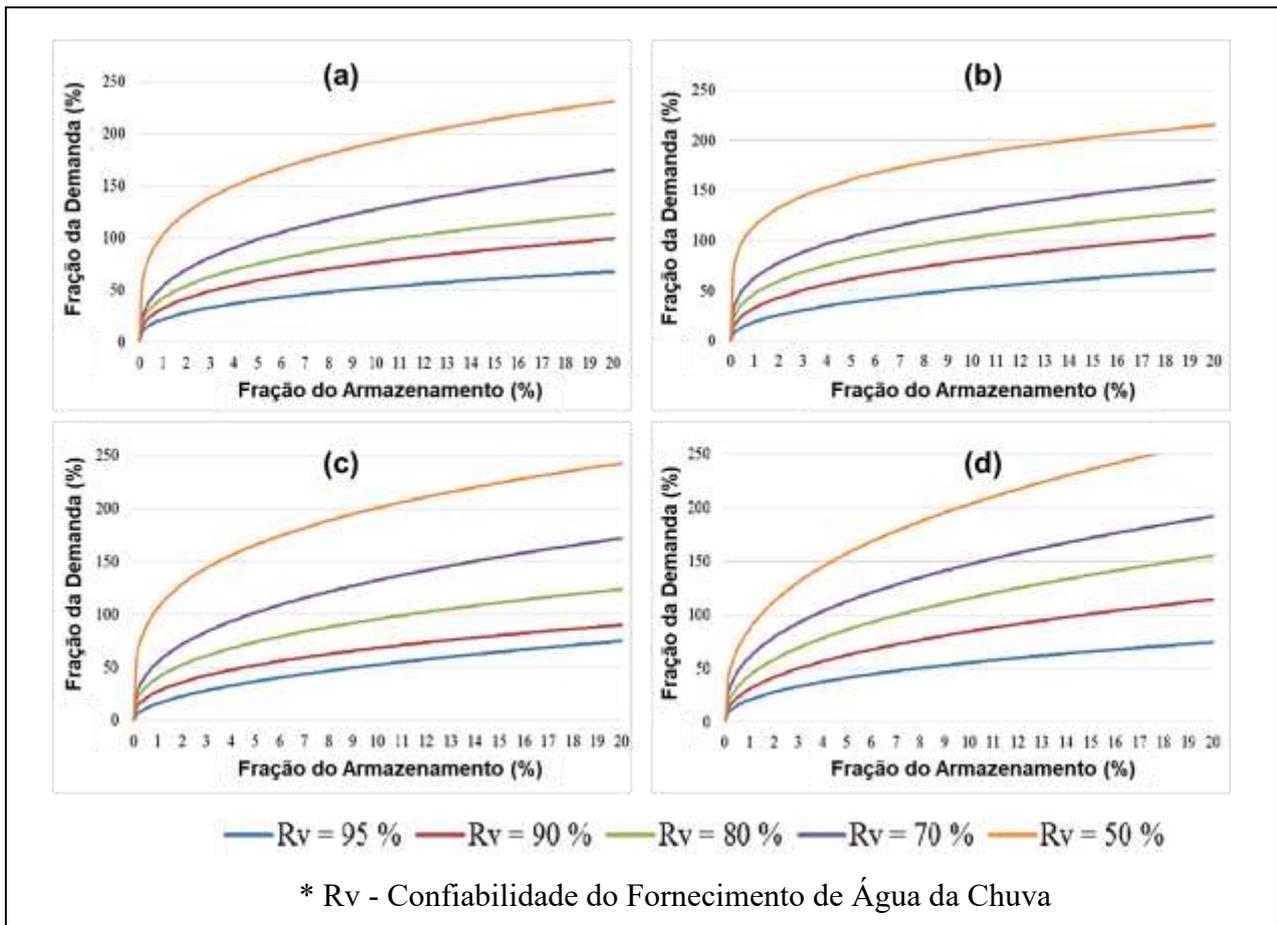


Figura 5. Curvas adimensionais para confiabilidades para quatro sub-regiões: a, b, c e d. (Fonte: Adaptado de Liaw; Chiang, 2014.)

Notaro *et al.* (2016) estudaram a eficiência do SCAAC para o sul da Itália, considerando-a como sendo uma medida indireta da performance do sistema em termos de eficiência da economia de água, e calculada como sendo a relação entre o rendimento do reservatório de armazenamento e a demanda, ou seja, semelhante ao conceito de confiabilidade de Liaw e Chiang (2014). Aplicaram o balanço hídrico e método YAS considerando dados diários de precipitação, área captação (110, 200 e 300m<sup>2</sup>) e capacidades de armazenamento (1 a 30m<sup>3</sup>) para as eficiências de 75, 85 e 95%. Os resultados foram

especializados na área de estudo (Figura 6), na qual os autores verificaram que a confiabilidade aumenta com o aumento do volume do reservatório de armazenamento, verificando eficiências maiores que 85% para áreas de captação de 200 e 300m<sup>2</sup>. O diferencial deste estudo foi a elaboração de “mapas” ilustrando as distribuições espaciais dessas capacidades dos reservatórios na área estudada, como ferramenta útil para aplicações práticas.

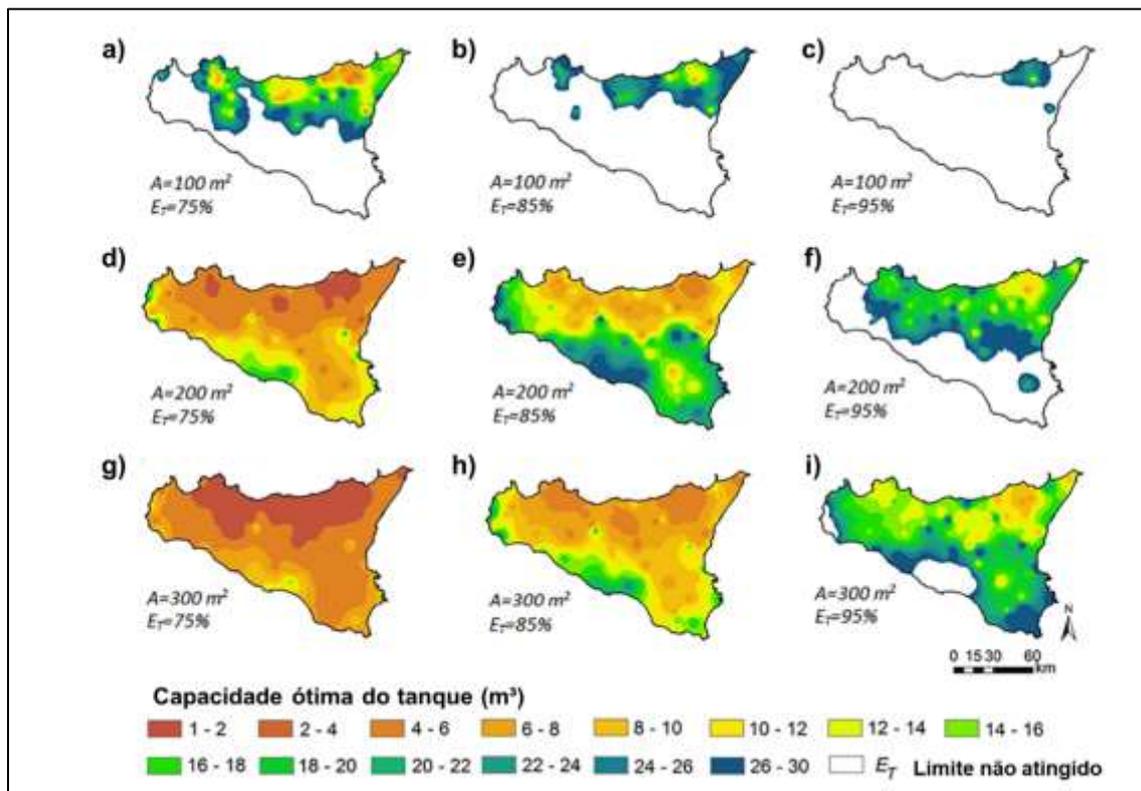


Figura 6. Volume ótimo do reservatório (m<sup>3</sup>) para diferentes limites de eficiência (ET) e áreas de captação (A) estudadas. (Fonte: Adaptado de Notaro *et al.*, 2016).

Jing *et al.* (2017), considerando quatro regiões climáticas da China e oito principais cidades, trouxeram como inovação o desenvolvimento de uma ferramenta computacional de fácil utilização, aplicada à avaliação da eficiência e viabilidade econômica de sistemas de captação de água da chuva para atender às demandas de água não potável. Para tanto, consideraram a eficiência na redução do consumo de água potável, assim como Notaro *et al.* (2016), por meio da relação entre o rendimento do tanque de armazenamento e a demanda, e a confiabilidade como verificado em Imteaz *et al.* (2011b; 2012) sendo o quociente entre o número de dias que houve atendimento da demanda e o número de dias da simulação.

Como resultados, Jing *et al.* (2017), obtiveram gráficos de curvas (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), e concluíram que a eficiência do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva é altamente dependente da variabilidade espacial das precipitações, capacidade de armazenamento e demanda por água pluvial.

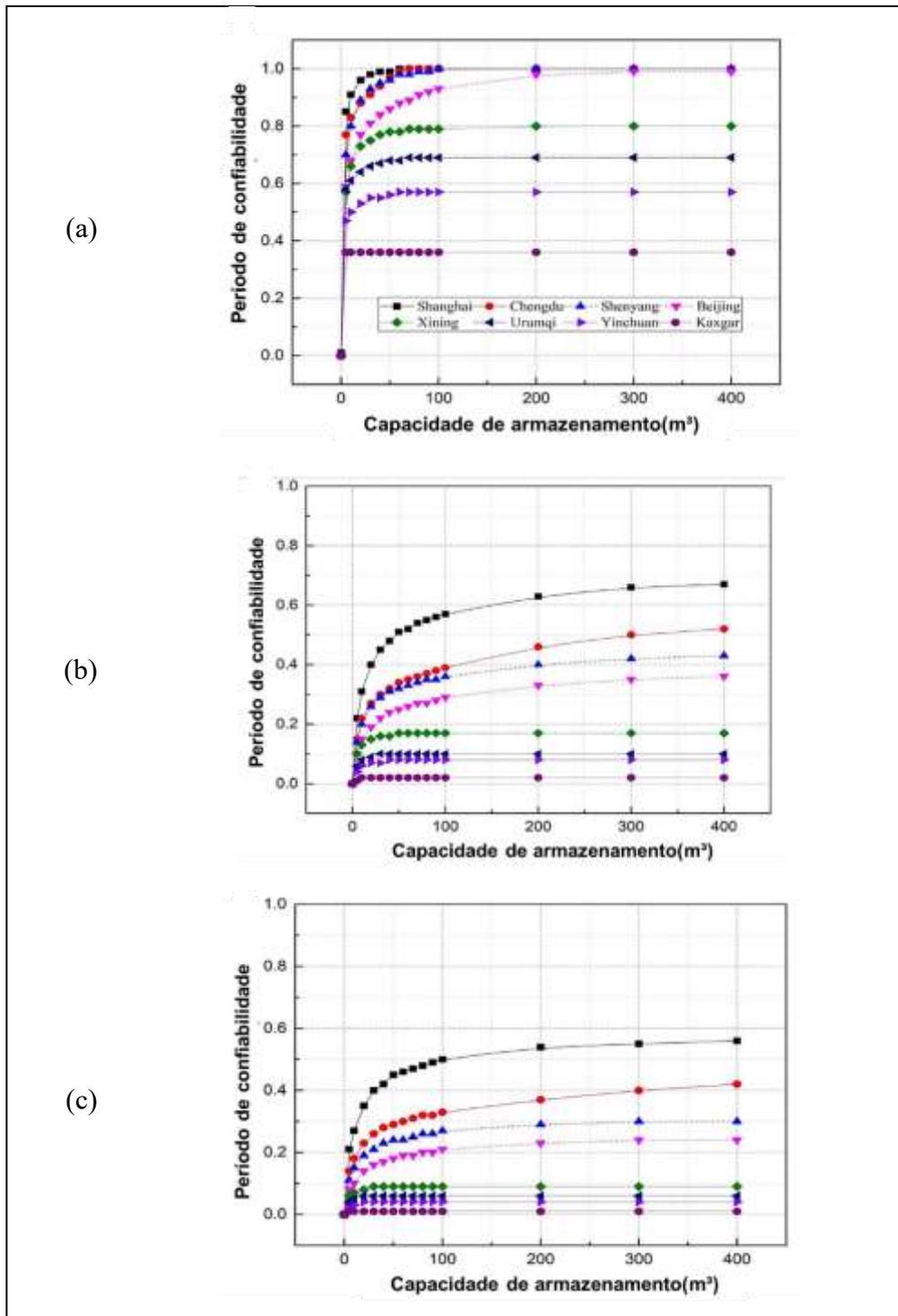


Figura 7. Curva da Confiabilidade de abastecimento de água dos SCAAC para diferentes volumes de armazenamento e demanda de água para os usos: (a) irrigação de gramado, (b) descarga de banheiro, e (c) combinação descarga de banheiro + irrigação de gramado. (Fonte: Adaptado de Jing *et al.*, 2017).

Zhang *et al.* (2020) analisaram índices de economia de água, controle de escoamento e confiabilidade do sistema para cidade de Seattle (USA). Para tanto, empregaram séries de precipitação de interstícios temporais variados (de 1 a 49 anos) e escalas horária, diária e mensal, bem como investigaram a aplicação de dois modelos hidrológicos: YAS e YBS (*Yield After Spillage* e *Yield Before Spillage*). Para comparação dos cenários estudados, índices foram calculados, dentre eles a confiabilidade do sistema, entendida aqui como a relação entre o tempo que o SCAAC atendeu à demanda de água e o tempo total de análise. Observando os resultados obtidos a partir da aplicação dos modelos, verificaram que a diferença dos valores resultantes diminui conforme a capacidade de armazenamento do reservatório aumenta e conforme a mudança de escala temporal de mensal para horária.

Outro ponto relevante mostrado pelos autores foi que cerca de 96% dos resultados calculados usando séries de precipitação diária se apresentaram na faixa de desvio de  $\pm 5\%$  dos valores resultantes quando foram utilizadas séries de precipitação horárias para os algoritmos YAS e YBS. Ou seja, a utilização de dados de precipitação diária pode ser efetuada sem prejuízo da acurácia dos resultados, uma vez que esta se encontra disponível em mais locais quando comparado à disponibilidade de dados de precipitação horários.

Khan e Imteaz (2020) propuseram o desenvolvimento de uma equação generalizada para o cálculo da economia anual de água (EAA) em reservatórios de armazenamento de água da chuva sob cinco condições climáticas diferentes para o sudoeste de Brisbane (Austrália). A equação genérica contém como principais fatores contribuintes a precipitação anual, o volume do reservatório (VR), a demanda e a área de captação, (Equação 1). No entanto, salienta-se que essa equação é válida apenas para uma região particular, ou seja, sudoeste de Brisbane e que se faz necessário o desenvolvimento de equações de modo semelhante para outras regiões.

$$EAA = \{ [(-0.0091 \times R + 29.6) \times \ln(T) - (-0.064 \times R + 208.9)] \times \ln(D) - [(-0.038 \times R + 149.2) \times \ln(T) - (-0.271 \times R + 1058.3)] \} \times \ln(RA) - \{ [(-0.0702 \times R + 162.4) \times \ln(T) - (-0.503 \times R + 1161)] \times \ln(D) - [(-0.322 \times R + 837.2) \times \ln(T) - (-2.314 \times R + 5982)] \}$$

Equação 1

Sendo “R” para precipitação anual (mm), “T” como volume do reservatório (L), “D” sendo a demanda (L) e “RA” como área de captação (m<sup>2</sup>).

No Brasil também foram desenvolvidos estudos abordando a confiabilidade e a eficiência dos sistemas, desenvolvendo seus conceitos de formas particulares, bem como também foram aplicados outros critérios de otimização para avaliar os SCAACs.

De acordo com Bezerra *et al.* (2010), confiabilidade é a relação entre o período em que a demanda é atendida com água da chuva e o período total investigado, ou seja, a confiabilidade está relacionada à verificação do atendimento à demanda. Já a eficiência é a relação entre o volume de água da chuva captado e o volume de água da chuva que não transbordou do tanque, portanto a eficiência está relacionada ao impacto do sistema de captação de água da chuva no escoamento.

Alguns trabalhos tratam da eficiência no armazenamento de água de chuva a partir do cálculo de outras variáveis, tal como o Grau de Concentração de Precipitações anuais (GCP ou PCD do inglês “*Precipitation Concentration Degree*” (ARAÚJO; COHIM, 2017). Estes autores estudaram a variabilidade da distribuição espaço-temporal das chuvas no estado da Bahia, e seu efeito sobre o dimensionamento do volume dos reservatórios. Para isso, calcularam o PCD e efetuaram análises da interferência da distribuição das chuvas no tamanho de reservatórios calculados pelo programa Netuno, considerando área de captação de 80m<sup>2</sup>, confiabilidade de 90% e três valores de demanda 50, 70 e 90 L.dia<sup>-1</sup>. Verificaram elevada correlação entre o PCD e os volumes de reservatórios elencados ( $R^2 > 0,8$ ), concluindo que para valores fixos de confiabilidade e demanda, o PCD e o volume do reservatório têm comportamento semelhante, ou seja, quanto maior o PCD, maior o reservatório. Tal comportamento reflete que, valores elevados de PCD determinam maior concentração das precipitações anuais, e o elevado volume do reservatório se justifica pois o mesmo deve ser utilizado para armazenar a água suficiente para ser utilizada em períodos de estiagem, como ocorre em locais que não dispõem de outra fonte de abastecimento de água.

Pelo mesmo viés, Sousa *et al.* (2017) aplicaram o PCD para delimitação de das zonas pluviais homogêneas do Estado do Rio Grande do Norte e posterior cálculo de volumes de reservatórios de armazenamento de água de chuva por diversos métodos de dimensionamento. Com isso, constataram que a distribuição da precipitação tem grande influência sobre o volume adequado da cisterna, pois ao comparar cidades com valores de precipitação total semelhantes e PCD diferentes, foi observado volumes de reservatórios diferentes, o que demonstra que esta é uma variável relevante no dimensionamento de reservatórios. Comprovaram que não se pode padronizar o volume de reservatórios de

armazenamento de água de chuva para regiões pluviais diferentes, ainda que próximas espacialmente.

Silva e Maia (2021) estudaram o SCAAC baseados não no cálculo do dimensionamento do tanque, mas pela aplicação de um índice de eficiência que permitiu a escolha do melhor volume de reservatório, considerando o grau de dependência do sistema em atender a demanda. O estudo foi desenvolvido no Brasil, a partir de dados de precipitação diária de 50 municípios do estado do Rio Grande do Norte, e com a aplicação do método de Rippl conforme modificação apresentada em Sousa *et al.*, (2017) com o uso da variável PCD e acréscimo da variável Precipitação Crítica (Pcr), e posterior aplicação do balanço de massa.

Para efetuar análise da performance do reservatório, Silva e Maia (2021) aplicaram o Índice de Eficiência (IE), calculado pela relação entre a quantidade total de água fornecida pelo sistema e a quantidade total de água demandada, relação essa chamada de confiabilidade por Bezerra *et al.* (2010) e Zang *et al.* (2020). Os autores desenvolveram duas equações empíricas, uma com o foco de determinar o volume do reservatório (V) (Equação 2), e outra para determinar a eficiência do reservatório (Ef) (Equação 3), considerando diferentes combinações de regime de precipitação anual (Pa), em m, área de captação (A), em m<sup>2</sup>, e demanda (D), em m<sup>3</sup>/mês, variáveis estas que influenciam diretamente o volume dos reservatórios.

$$V \text{ (m}^3\text{)} = (-1.88 + 0.94 * D - 2.60 * Pa + 6.47 * PCD + 33.08 * Pcr)^{1.6} \quad (R^2 = 0.984) \quad \text{Equação 2}$$

$$Ef \text{ (\%)} = (141.67 - 3.98 * V + 27.89 * D - 0.3 * A + 106.1 * PCD - 774.2 * Pcr)^{0.83} \quad (R^2 = 0.91) \quad \text{Equação 3}$$

A equação empírica proposta para cálculo da eficiência do reservatório permitiu avaliar o comportamento de reservatórios de diferentes volumes, podendo ser utilizada como ferramenta que auxilia o usuário na escolha do volume adequado do reservatório considerando as especificidades de cada situação.

Mediante o referencial teórico conduzido, algumas questões acerca das abordagens dadas às questões de otimização dos SCAACs foram verificadas, dentre elas:

- É notório que para uma adequada análise da eficiência de um reservatório para aproveitamento da água de chuva, não se faz suficiente apenas a aplicação de métodos de dimensionamento, mas deve-se considerar a relevância da oferta de

água pluvial, que por sua vez depende da área de captação, da demanda de água pluvial decorrente dos empregos não potáveis a qual for destinada, da quantidade e distribuição sazonal e espacial das chuvas, e por fim, da escolha do banco de dados a ser utilizado (horários, diários, semanais, mensais ou anuais) para que assim os cálculos se tornem mais adequados.

- Foi possível observar a aplicação metodologias de otimização de formas diversas, desde modelagens para elaboração e apresentação de equações gerais dimensionais e adimensionais, bem como a construção de gráficos de curvas de eficiência e de volume ótimo de reservatório, também a adoção de índices de eficiência, índices de sazonalidade e um coeficiente de ajuste para o volume dos reservatórios, e até mesmo a apresentação de algumas especializações de eficiências de reservatórios obtidos para regiões específicas, resultando em mapas e figuras.

Cada estudo apresenta resultados (equações, gráficos, curvas, índices e imagens) de forma a melhorar e facilitar a tomada de decisão mais assertiva quanto ao dimensionamento otimizado dos reservatórios de armazenamento de um SCAAC. Priorizando assim a utilização de ferramentas simplificadas à métodos de simulação elaborados, complexos e detalhados, mas obtendo resultados realísticos e aplicáveis a cada situação particular.

Dessa forma, pode-se constatar que além da ampla discussão do tema ao longo dos anos, em localidades diferentes e ainda apresentando cenários distintos, há certa diversidade no modo de representar essas variáveis e critérios de análise da otimização de SCAAC, o que tem como consequência uma certa dificuldade em comparar os resultados obtidos entre estes estudos.

### 3.5. Séries de precipitação

A utilização de bases de dados de precipitação, sejam séries anuais, mensais diárias ou mesmo sub-diárias, exerce papel importante na análise e dimensionamento dos sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva.

Para estimativa do volume de água de chuva que pode ser aproveitado em um ciclo anual, geralmente são utilizados dados de precipitação em base mensais. Tal procedimento é bastante utilizado, uma vez que as médias mensais constituem informação facilmente disponível, além de ser um processo de simples execução.

No entanto, essa abordagem desconsidera as características de variabilidade das chuvas e resulta em imprecisões relacionadas a extravasamentos decorrentes de picos de precipitação dentro de um dado mês. Sendo assim, o balanço hídrico efetuado com base em séries diárias de precipitação resulta em estimativas mais precisas, pois ocorre uma contabilização mais realística das vazões de entrada, e conseqüentemente, dos extravasamentos devido às chuvas intensas. Semaan *et al.* (2020) verificou, dentre 45 estudos, que a grande maioria utilizou dados históricos de precipitação na amplitude diária, e que alguns poucos ainda utilizaram dados semanais, mensais e anuais.

Zhang *et al.* (2020) ao estudar a aplicação de séries de precipitação em base mensal, diária e horária, verificaram que a utilização de séries mensais de precipitação resulta em estimativas imprecisas para o aproveitamento de água de chuva. Também constataram que cerca de 96% dos resultados calculados usando a série de tempo de chuva diária estão significativamente próximos dos resultados gerados usando dados de chuva por hora. Concluíram, portanto, que as séries diárias de chuva podem ser usadas como um substituto de dados horários para dimensionar e avaliar os SCAACs, especialmente para regiões onde os dados de chuva por hora podem não estar disponíveis.

Apesar de fornecer resultados mais realísticos, a utilização de séries diárias de precipitação pode esbarrar em alguns entraves, como dificuldades de processamento por parte de usuários leigos de SCAAC ou mesmo a inexistência de séries completas (sem falhas) e representativas para determinadas localidades.

Também citada por Xavier, King e Scanlon (2016), tal problemática é relevante, e os autores reafirmam que, no Brasil, existem grandes áreas desprovidas de pluviômetro ou estação meteorológica e somado a este fato, a qualidade dos dados é, às vezes, ruim, dada elevada quantidade de dados ausentes (falhas).

Estudos que viabilizem a melhoria da qualidade dos dados meteorológicos se mostram de extrema importância para área que estuda o comportamento dos recursos hídricos, uma vez que permite que as modelagens e cálculos ocorram com bancos de dados sólidos e confiáveis, auxiliando na obtenção de resultados também confiáveis e mais aplicáveis.

### 3.6. Desenvolvimento dos coeficientes

Como mostrado previamente, já existem abordagens distintas que favorecem a escolha metodologias de dimensionamento de SCAAC objetivando uma melhor

performance, principalmente no que se refere ao atendimento da demanda e ao quantitativo de água que se consegue aproveitar.

No entanto, dois pontos relevantes necessitam de maior atenção na reflexão e proposição de critérios de otimização, são eles:

- Em muitos casos, o volume máximo de armazenamento não é realmente necessário e volumes menores podem atingir quase as mesmas eficiências no atendimento do consumo não potável (MUKLADA *et al.*, 2016). Em outras palavras, não se faz necessária a adoção do volume de reservatório que resulte em 100% de eficiência de atendimento da demanda, pois, volumes menores de reservatórios além de mais econômicos, podem promover o atendimento de grande parte da demanda.
- Estudos de otimização com ausência de práticas, sendo a maioria das pesquisas sobre SCAACs baseados na utilização de volumes de reservatórios de tamanhos ótimos, sem levar em conta o fato de que os tanques vêm em tamanhos discretos específicos (SEMAAN *et al.*, 2020), ou seja, geralmente os reservatórios ótimos tem volumes elevados e únicos, difíceis de serem adequadamente dispostos em terrenos urbanos, além de serem onerosos, enquanto que na realidade, os reservatórios pré-fabricados que são amplamente aplicados em SCAACs para usos urbanos e demandas domésticas (geralmente de plástico ou fibra de vidro) possuem volumes reduzidos pré-estabelecidos pelos fabricantes.

Por isso, o principal interesse do presente trabalho é a idealização, determinação e espacialização (em território brasileiro) de coeficientes que tenham como objetivo auxiliar na análise da eficiência de reservatórios de volumes variados (2, 5, 10, 15 e 30m<sup>3</sup>), considerando três padrões econômicos (popular, médio e alto) e três áreas de captação para cada padrão, destinados à SCAACs utilizados em edificações residenciais para o atendimento de consumos domésticos não potáveis.

Os coeficientes sugeridos terão como finalidade principal melhorar a escolha dos volumes de reservatórios baseando essa seleção na quantidade de água de chuva que um reservatório pode armazenar por unidade de volume, considerando a variabilidade climática do país e a distribuição espacial das precipitações no território do Brasil.

Propõe-se ainda a elaboração de imagens/mapas consultivos, como ferramenta integradora dos coeficientes ao espaço físico estudado, facilitando ainda mais a utilização dos coeficientes tanto pela população em geral, quanto a adoção dos mesmos por políticas

públicas nacionais de incentivo financeiro e subsídio técnico para implantação de SCAACs com reservatórios que forneçam maior eficiência no armazenamento de água pluvial.

Os coeficientes concebidos neste trabalho ainda podem auxiliar na análise da tendência da viabilidade econômica de sistemas prediais para captação e uso das águas de chuva ao considerar a utilização de bancos de dados de precipitação em base diária, adequando à situação mais realísticas, os cálculos mais simples utilizando bases mensais de dados.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Área de estudo

O Brasil é um país de aproximadamente 8,5 milhões de km<sup>2</sup>, subdividido em 26 Estados e o Distrito Federal, totalizando 5.570 municípios. A população estimada no ano de 2020 foi de 211,8 milhões de habitantes (IBGE, 2020).

Os dados da precipitação média anual (entre 1977 e 2006), obtidos a partir da rede meteorológica nacional, foram compilados e então o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2013) produziu o Atlas Pluviométrico do Brasil, servindo de base para posterior publicação pela Agência Nacional de Águas (ANA) do Atlas Geográfico Digital de Recursos Hídricos do Brasil, disponibilizado digitalmente. O mapa da pluviometria é mostrado na Figura 8, e mostra a elevada variabilidade na distribuição espacial da precipitação no território brasileiro, o que agrega complexidade ao processo de escolha do volume adequado de reservatórios para armazenamento de água de chuva.

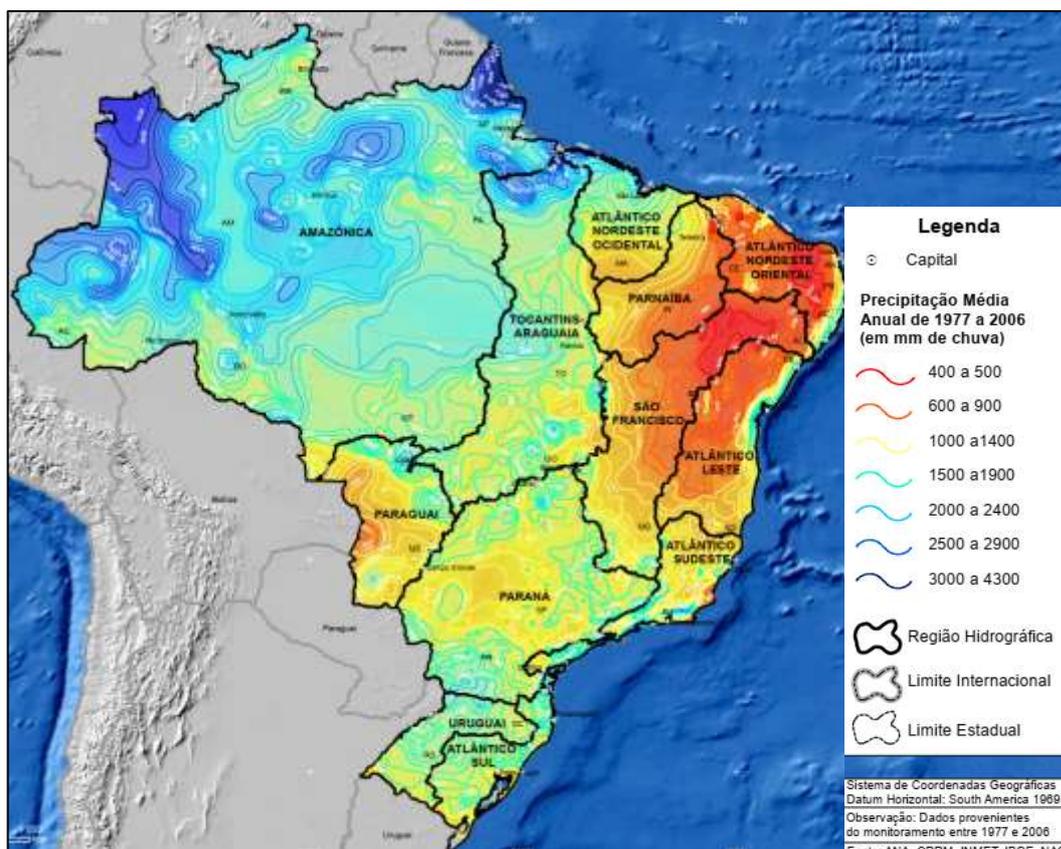


Figura 8. Mapa da Pluviometria anual no Brasil, dados de 1977 a 2006 (CPRM, 2013) publicado digitalmente pela ANA. (Fonte: CPRM, 2013 e ANA, 2021)

#### 4.2. Banco de dados de precipitação pluviométrica no Brasil

Verificou-se a dificuldade em obter dados diários de precipitação para todo território estudado nas bases de dados reais hidrológicos da ANA e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), nos quais foi verificada a ocorrência de séries de dados incompletas ou com elevado número de falhas ou ainda, ausentes em determinadas localidades.

Para ampliar o alcance do presente trabalho, optou-se por trabalhar com o banco de dados de precipitação diária interpolada produzido por Xavier, King e Scanlon (2017), que é um banco de dados diários obtido com base em aproximadamente 9.249 estações pluviométricas reais, distribuídas de forma heterogênea por todo território do Brasil, com adensamento de informações pluviométricas na Bacia do Atlântico Nordeste Oriental e na Bacia do Rio Paraná, e a Bacia do Rio Amazonas como com menor densidade de estações pluviométricas, como demonstra a Figura 9.



Figura 9. Distribuição espacial das estações pluviométricas no território do Brasil, por Xavier, King e Scanlon (2017).

Para a elaboração do banco de dados, Xavier, King e Scanlon (2017), processaram a remoção de informações duplicadas e valores atípicos. Em seguida, aplicaram seis métodos de interpolação, efetuaram uma validação cruzada dos resultados e determinaram o método ADW e em seguida o método IDW com melhores resultados para estimar a precipitação para estabelecimento do banco de dados interpolado. Após a escolha do melhor método, foi gerado um banco de dados de precipitação disposto em grade com resolução de 0,25° por

0,25°, em território brasileiro totalizando cerca de 11 mil pontos de dados diários, com período de abrangência das séries disponíveis é de 1980 a 2015.

Do banco de dados de Xavier, King e Scanlon (2017), foi escolhido um subconjunto de dados correspondendo a séries diárias de precipitação (1980 a 2015), dispostas em grade com resolução de 0,50° por 0,50°, totalizando 2.823 pontos distribuídos no território como mostra a Figura 10. As séries de dados foram extraídas através de rotinas de programação utilizando a linguagem Python.

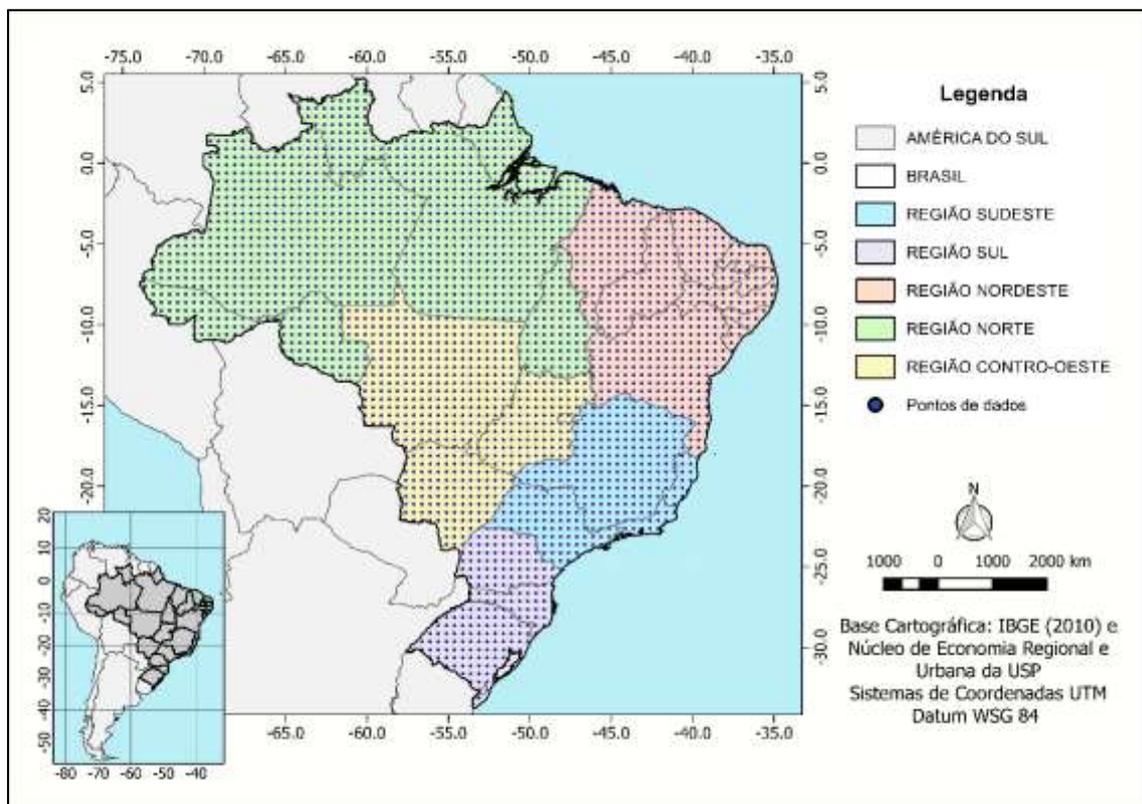


Figura 10. Espacialização dos 2.823 pontos de dados diários de precipitação extraídos do banco de dados de Xavier, King e Scanlon (2017) (1980-2015). (Fonte: Próprio autor.)

#### 4.3. Cenários analisados e demanda por água da chuva

Os cenários estudados levaram em consideração três padrões socioeconômicos presentes na área de estudo: popular, médio e alto. Para cada padrão econômico ocorre uma demanda específica por água, pois quanto maior o padrão econômico, maior a diversidade de aplicações desse recurso hídrico, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Distribuição potencial de consumos potáveis e não potáveis em residências de acordo com o padrão econômico.

Ponto de utilização	PADRÃO POPULAR		PADRÃO MÉDIO		PADRÃO ALTO	
	Consumo Potável (%)	Consumo Não Potável (%)	Consumo Potável (%)	Consumo Não Potável (%)	Consumo Potável (%)	Consumo Não Potável (%)
Bacia Sanitária	0,0	27,7	0,0	22,2	0,0	18,7
Chuveiro	0,0	46,2	0,0	37,0	0,0	31,1
Lavatório	0,0	6,9	0,0	5,6	0,0	4,7
Pia	15,4	0,0	12,4	0,0	10,4	0,0
Tanque	0,0	2,3	0,0	1,9	0,0	1,6
Rega de Jardim	0,0	1,5	0,0	2,5	0,0	5,2
Máquina de Lavar Roupas	-	-	0,0	17,3	0,0	14,5
Lavagem de Carro	-	-	0,0	1,2	0,0	2,6
Piscina	-	-	-	-	0,0	11,3
<b>TOTAL</b>	<b>15,4</b>	<b>84,6</b>	<b>12,4</b>	<b>87,7</b>	<b>10,4</b>	<b>89,6</b>

Fonte: Adaptado de Dias (2007).

Para cada padrão econômico adotado neste trabalho, foram determinadas outras variáveis relacionadas como: número de habitantes por domicílio, área de captação, consumo *per capita* de água e demanda não potável. Todas as variáveis adotadas são apresentadas na Tabela 2.

O coeficiente de escoamento superficial ( $C_{ES}$ ), ou coeficiente de *runoff*, é uma variável adimensional, resultante do quociente entre a água que esco superficialmente pelo total da água precipitada (TOMAZ, 2003). Ribeiro e Marinoskie (2020) efetuaram levantamento da literatura nacional e internacional e constaram uma variação, em função do tipo de material da superfície de cobertura, dos valores do coeficiente de escoamento entre 0,20 e 0,95. Essa variação é explicada por Farreny *et al.* (2011b) como sendo resultado da interação de fatores climáticos e arquitetônicos (tamanho e intensidade das chuvas, umidade, ventos predominantes, inclinação, material do telhado, porosidade, vazamentos/infiltração, rugosidade).

Tabela 2. Variáveis adotadas para cálculo do balanço hídrico e coeficientes.

Variáveis	Padrão econômico		
	Popular	Médio	Alto
Habitantes por Domicílio	4	4	5
Consumo per capita de água (L.hab <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	120	160	250
Consumo Não Potável (%)	84,6	87,7	89,6
Consumo potencial <i>per capita</i> de água de chuva (não-potável) (L.hab <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	101	140	224
Área de captação (m <sup>2</sup> )	60, 80, 100	80, 100, 120	100, 200, 300
Coefficiente de Escoamento Superficial ( <i>Runoff</i> )	0,8		
Volumes dos reservatórios (m <sup>3</sup> )	2, 5, 10, 15 e 30		
Cenários para o CEV	45		
Cenários para o CEVE	45		
Cenários para o CCAV	45		
Quantidade total de cenários	135		

Fonte: Próprio autor.

Como observado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, os telhados cerâmicos que são comumente utilizados como cobertura das construções residenciais no Brasil, apresentaram variações de coeficiente de escoamento de 0,56 a 0,90, justificados uma vez que em telhados mais porosos, as perdas são maiores e o coeficiente também é menor (RIBEIRO e MARINOSKIE, 2020).

Para este trabalho, o coeficiente de escoamento superficial adotado na metodologia foi de 0,8, pois assim considera um cenário conservador, de modo a contabilizar as perdas de água de chuva decorrente da absorção da água pelo material do telhado, evaporação, volume de descarte da água de escoamento inicial, respingos e outras.

Tabela 3. Coeficientes de escoamento superficial (*runoff*) em função do tipo de material da superfície de cobertura.

<b>Material de cobertura</b>	<b>Coeficiente de Runoff</b>	<b>Fonte</b>
<b>Telhados verdes</b>	0,27	Khan (2001)
	0,2	Thomase Martinson (2007)
<b>Cerâmico</b>	0,056	Khan (2001)
	0,75 - 0,95	Pruskie et al. (2004)
	0,80 - 0,90	Hofkes e Frasier (1996)
<b>Metálico</b>	0,81 - 0,84	Liaw e Tsai(2004)
	0,95	Lancaster (2006)
	0,90 - 0,95	Wilken (1978)
<b>Cimento</b>	0,62 - 0,69	UNEP (2004)
	0,81	Liaw e Tsai(2004)
<b>Alumínio</b>	0,7	Ward et al.(2010)
<b>Plástico</b>	0,94	Khan (2001)
<b>Concreto asfáltico</b>	0,9	Lancaster (2006)
<b>Aço Galvanizado</b>	>0,90	Thomase Martinson (2007)

Fonte: Ribeiro e Marinoskie (2020)

#### 4.4. Modelo hidrológico do SCAAC

De modo a investigar o funcionamento do SCAAC, um balanço hídrico foi aplicado para simular a oferta de água pluvial (volume gerado pela área de captação), o consumo de água pluvial (neste caso aplicado especificamente para usos não potáveis) e transbordamentos (água pluvial em excesso que transborda do reservatório de armazenamento).

A oferta de água  $O(t)$  é o volume de chuva aproveitável no tempo  $t$  ( $m^3$ ), baseada na precipitação pluviométrica  $P(t)$  no tempo  $t$  (mm), área de captação  $A$  ( $m^2$ ) e coeficiente de escoamento superficial  $C_{ES}$  da cobertura (adimensional) ( Equação 4). E a demanda não-potável de água de chuva foi calculada a partir das informações constantes na Tabela 2 e apresentada na Equação 5, como  $D_{NP}$  ( $m^3 \cdot dia^{-1}$  ou  $m^3 \cdot mês^{-1}$ ), resultante do produto entre  $C_{NP}$

o consumo *per capita* de água não-potável ( $\text{m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$  ou  $\text{m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{mês}^{-1}$ ) e a Pop população da residência (habitantes).

$$\mathbf{O}_{(t)} = \frac{\mathbf{P}_{(t)} \times \mathbf{A} \times \mathbf{CES}}{1000} \quad \text{Equação 4}$$

$$\mathbf{D}_{\text{NP}} = \frac{\mathbf{C}_{\text{NP}} \times \mathbf{Pop}}{1000} \quad \text{Equação 5}$$

Modelos de simulação do balanço hídrico são aplicados para analisar a performance dos SCAACs, dentre eles o modelo YAS é amplamente adotado nos estudos de aproveitamento de água de chuva pois esse algoritmo resulta em estimativas mais conservadoras de volumes aproveitados de água de chuva (ZHANG *et al.*, 2020).

A produção de água de chuva pelo reservatório  $Y_t$  depende da oferta de água de chuva, bem como da demanda não-potável por água de chuva (Equação 6) e o saldo de água reservada,  $S(t)$ , para o tempo  $t$  ( $\text{m}^3$ ), ocorre em função dessa produção e do volume do reservatório de armazenamento,  $V_R$  ( $\text{m}^3$ ) (Equação 7).

$$Y_t = \begin{cases} S_{(t-1)} + O_{(t)} , & S_{(t-1)} + O_{(t)} \leq D_{\text{NP}(t)} \\ D_{\text{NP}(t)} , & S_{(t-1)} + O_{(t)} > D_{\text{NP}(t)} \end{cases} \quad \text{Equação 6}$$

$$S_t = \begin{cases} 0 , & S_{(t-1)} + O_{(t)} < D_{\text{NP}(t)} \\ S_{(t-1)} + O_{(t)} - D_{\text{NP}(t)} , & D_{\text{NP}(t)} < S_{(t-1)} + O_{(t)} \leq V_R \\ V_R - D_{\text{NP}(t)} , & S_{(t-1)} + O_{(t)} > V_R \end{cases} \quad \text{Equação 7}$$

Dessa forma pode-se calcular os volumes extravasados do reservatório,  $V_{\text{EX}}$ , como resultante das variáveis:  $S_{(t-1)}$  saldo no tempo  $t-1$  ( $\text{m}^3$ ), oferta  $O(t)$  e o volume do reservatório  $V_R$  ( $\text{m}^3$ ) como segue na Equação 8.

$$V_{\text{EX}} = \begin{cases} 0 , & S_{(t-1)} + O_{(t)} \leq V_R \\ S_{(t-1)} + O_{(t)} - V_R , & S_{(t-1)} + O_{(t)} > V_R \end{cases} \quad \text{Equação 8}$$

Por fim, para verificar o volume aproveitável no ciclo anual  $VA$  ( $\text{m}^3$ ), efetua-se a diferença ente o total da oferta acumulada no ano  $O_{\text{AC}}$ , do total do volume extravasado acumulado no ano  $V_{\text{EX AC}}$  (Equação 9).

$$VA = O_{\text{AC}} - V_{\text{EX AC}} \quad \text{Equação 9}$$

Tais cálculos foram executados com séries de precipitações em base diária (para determinação do CCAV, CEV e CEVE) quanto em base mensal (para determinação do

CCAV). Quanto maior o volume do reservatório ( $V_R$ ), maior é o potencial para o volume aproveitado ( $V_A$ ) e menor é o volume extravasado ( $V_{EX}$ ).

#### 4.5. Construção dos Coeficientes

##### 4.5.1. Coeficiente de Eficiência Volumétrica (CEV)

O primeiro coeficiente proposto neste estudo é o coeficiente de eficiência volumétrica (CEV) e tem como finalidade identificar a quantidade de água que uma unidade de volume do reservatório pode aproveitar água de chuva ao longo de um ciclo anual. Quanto maior a quantidade de água aproveitada e quanto menor o volume do reservatório, maior é a tendência de viabilidade econômica do SCAAC.

Deste modo, possibilita identificar particularmente melhores opções de reservatórios, pois quanto maior o CEV para um dado volume de reservatório (e características de oferta e captação de água de chuva), maior será a tendência de viabilidade econômica.

O CEV aqui proposto é calculado como a razão entre o somatório do volume aproveitado anualmente e calculado com base em séries diárias ( $V_{AD}$ ) e o volume do reservatório ( $V_R$ ) empregado para armazenar água de chuva (Equação 10).

$$CEV = \frac{\sum V_{AD}}{V_R} \quad \text{Equação 10}$$

Na qual:

CEV é o Coeficiente de Eficiência Volumétrica ( $m^3 \cdot m^{-3}$ )

$\sum V_{AD}$  é somatório do volume de água aproveitado em base diária ( $m^3$ );

$V_R$  é o volume do reservatório ( $m^3$ ).

##### 4.5.2. Coeficiente de Eficiência Volumétrica Específica (CEVE)

O CEV guarda uma estreita relação com os valores de precipitação anual, devendo ser analisada sua aplicabilidade em localidades de semelhança climática. Dessa forma, é aqui proposto também o coeficiente de eficiência volumétrica específica (CEVE), terceiro coeficiente, que busca atenuar a influência da precipitação na análise do volume aproveitado por unidade de volume do reservatório ao longo de um ciclo anual. De modo que, verifique-se a eficiência do reservatório em armazenar água de chuva e permita sua aplicabilidade para quaisquer localidades.

O CEVE apresentado é calculado como o quociente entre o coeficiente de eficiência volumétrica (CEV) e a precipitação média anual da localidade (Equação 11).

$$\text{CEVE} = \frac{\text{CEV} \times 1000}{P} \quad \text{Equação 11}$$

Na qual,

CEVE é o Coeficiente de Eficiência Volumétrica Específica ( $\text{mm}^{-1}$ );

CEV é o Coeficiente de Eficiência Volumétrica ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ )

P é o índice pluviométrico anual (mm).

O CEVE pretende atenuar o efeito espacialidade das precipitações sobre eficiência dos reservatórios, auxiliando na comparação dos resultados entre regiões com índice anual de pluviometrias diferentes, ou seja, a eficiência relacionada apenas ao volume do reservatório, em detrimento à magnitude da oferta de precipitação pluviométrica.

#### 4.5.3. Coeficiente de correção de aproveitamento volumétrico (CCAV)

O último coeficiente proposto é o Coeficiente de Correção de Aproveitamento Volumétrico (CCAV), que permite a correção do volume aproveitável de água de chuva em um ciclo anual estimado com base nas médias mensais de precipitação, para uma precisão com base em séries diárias de precipitação. Este coeficiente é uma adaptação ao “Coeficiente de Confiabilidade Volumétrica” previamente apresentado por Dias (2007), Lacerda e Athayde Júnior (2015), Sales (2016) e Da Silva e Athayde Júnior (2020).

O CCAV é determinado pela razão entre o somatório anual do volume aproveitado calculado com base nas médias mensais de precipitação e o somatório anual do volume de água aproveitado em calculado com base na série diária utilizada para o cálculo das médias mensais (Equação 12).

$$\text{CCAV} = \frac{\sum V_{AM}}{\sum V_{AD}} \quad \text{Equação 12}$$

Na qual:

CCAV é o Coeficiente de Correção de Aproveitamento Volumétrico (adimensional);

$\sum VA_M$  é o somatório volume aproveitado calculado com base nas médias mensais de precipitação ( $m^3$ );

$\sum VA_D$  é o somatório volume de água aproveitado calculado com base na série diária de precipitação ( $m^3$ );

A aplicação deste coeficiente é feita dividindo-se o valor do volume aproveitável anual calculado em base mensal pelo CCAV, obtendo-se uma estimativa desse volume aproveitável para uma precisão de base diária.

O CCAV, portanto, facilita a análise do volume potencialmente aproveitável de água de chuva, pois pode-se proceder ao balanço com base em médias mensais e se proceder à correção para uma precisão de séries diárias.

#### 4.6. Elaboração de imagens/mapas

A análise espacial dos coeficientes calculados foi efetuada mediante a associação das coordenadas geográficas dos pontos estudados aos seus valores, procedimento de geoprocessamento, que por sua vez foi realizado utilizando o *software* QGis, versão 2.18.6 (2016).

Como os dados de entrada neste caso estavam atrelados a pontos no espaço (latitude; longitude), se fez necessária aplicação de um algoritmo de interpolação que combinasse os valores conhecidos de forma a estimar e a atribuir novos valores a pontos de espaços cujos valores eram desconhecidos, e como resultado elaborar uma superfície de dados mais completa e ajustada possível aos dados conhecidos disponíveis (FERREIRA, 2014) para todo o espaço físico delimitado neste estudo.

O algoritmo utilizado para a interpolação foi o IDW (*Inverse Distance Weighted*), traduzido como inverso do quadrado da distância. Este método atribui a um ponto desconhecido, um valor baseado na ponderação inversamente proporcional à distância entre o ponto desconhecido e os pontos de dados conhecidos mais próximos.

O método IDW foi escolhido tanto pelo resultado positivo dos resultados de precipitação obtidos dessa interpolação para o Brasil, aplicado por Xavier, King e Scanlon (2015), quanto pela facilidade de utilização e disponibilidade para maioria dos sistemas de informações geográficas e *softwares* dedicados a análise e construção de superfícies.

Para o processamento no *software* Qgis, foi utilizado o método “*Inverse Distance Weighted Interpolation*”, os dados de entrada utilizados foram: camada vetorial contendo os pontos de dados, atributos como sendo os valores do coeficiente a ser espacializado,

parâmetro P estabelecido igual a 2, número de estações próximas consideradas para interpolação 20 e tamanho da célula de resposta igual a 0,2° (aproximadamente 22,2km), como apresenta a Figura 11.

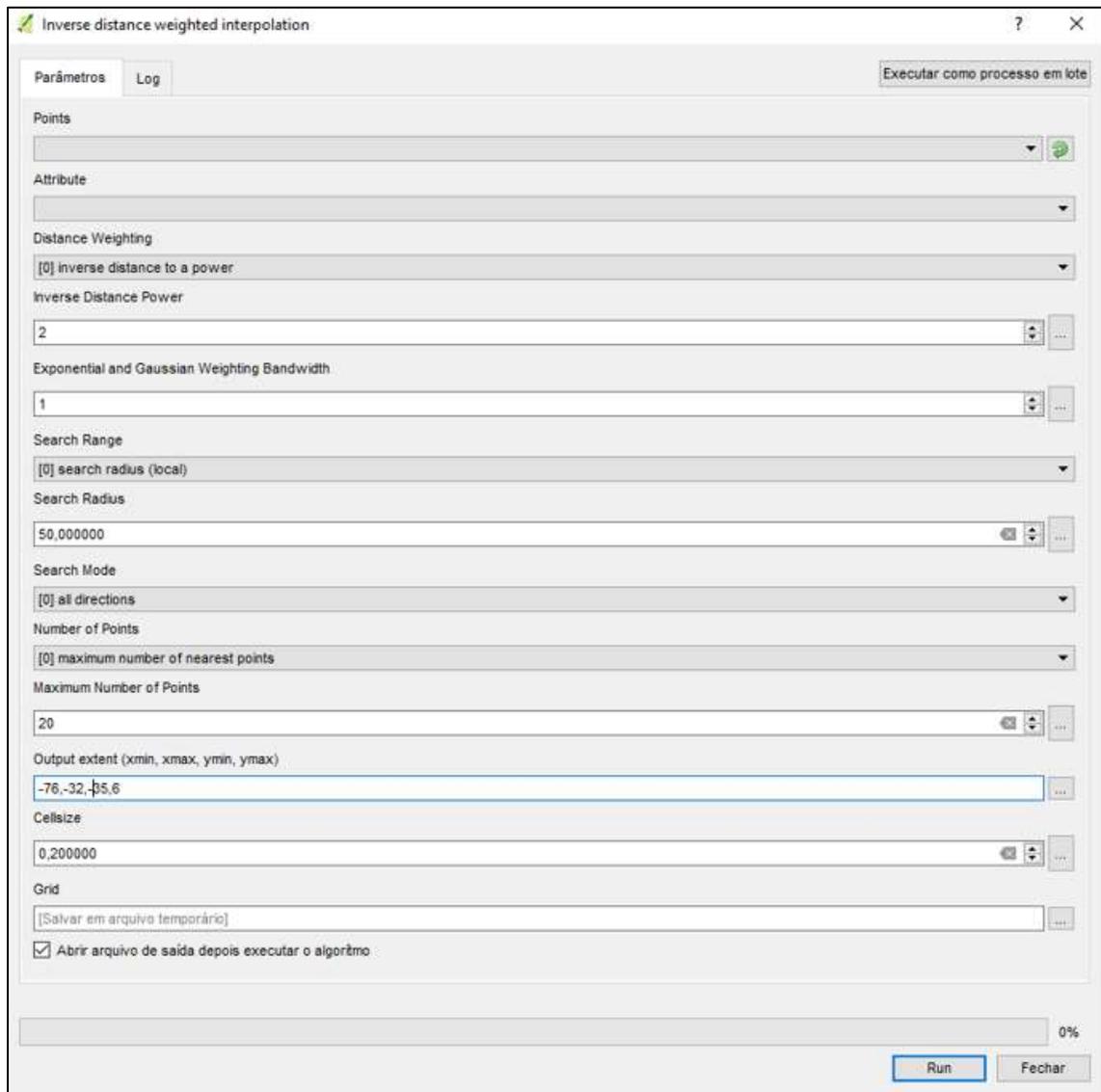


Figura 11. Captura de tela do *software* Qgis, ilustrando os dados utilizados no método “*Inverse Distance Weighted Interpolation*”.

A interpolação dos dados permitiu a produção de imagens do território brasileiro apresentando a espacialização dos valores dos coeficientes CEV, CEVE e CCAV mediante a aplicação de um gradiente de cores.

O geoprocessamento dos coeficientes foi efetuado para os 3 padrões econômicos escolhidos e os 15 cenários possíveis em cada padrão. Sendo assim, totalizaram o geoprocessamento e a elaboração de 45 imagens por coeficiente, ou seja, 135 imagens no total.

#### 4.7. Parâmetros pluviométricos relacionados aos Coeficientes (CEV, CEVE e CCAV)

Objetivando permitir a estimativa dos coeficientes aqui propostos fora do território brasileiro, foi efetuado estudo de correlação entre os coeficientes estudados e parâmetros pluviométricos. A escolha desses parâmetros ocorreu por estarem diretamente relacionados às características do regime de precipitação, e foram: Desvio padrão (DP) da série diária de precipitação pluviométrica, Coeficiente de Variação (CV) da série diária de precipitação pluviométrica e o índice médio de precipitação anual ( $I_A$ ), como disposto nas Equações 13, 14 e 15, respectivamente.

$$DP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M_D)^2}{n}} \quad \text{Equação 13}$$

$$CV = \frac{DP}{M_D} \times 100 \quad \text{Equação 14}$$

$$I_A = \frac{\sum_{i=1}^{12} M_M}{12} \quad \text{Equação 15}$$

Sendo as variáveis:

DP – Desvio Padrão

$X_i$  – Valor da posição  $i$  da série de dados diários;

$M_D$  – Média aritmética das precipitações diárias;

$n$  – quantidade de dados diários;

$M_M$  - Média aritmética das precipitações mensais;

$I_A$  - índice médio de precipitação anual ( $\text{mm}^{-1}$ ),

As correlações foram efetuadas utilizando a elaboração de gráficos de dispersão e em seguida testando curvas de tendência (linear, exponencial, logarítmica e polinomial de grau 2). Para análise final, foi escolhida para cada cenário a curva de tendência que resultou em maior coeficiente de determinação ( $r^2$ ).

Resumidamente o fluxograma da metodologia está apresentado na Figura 12.

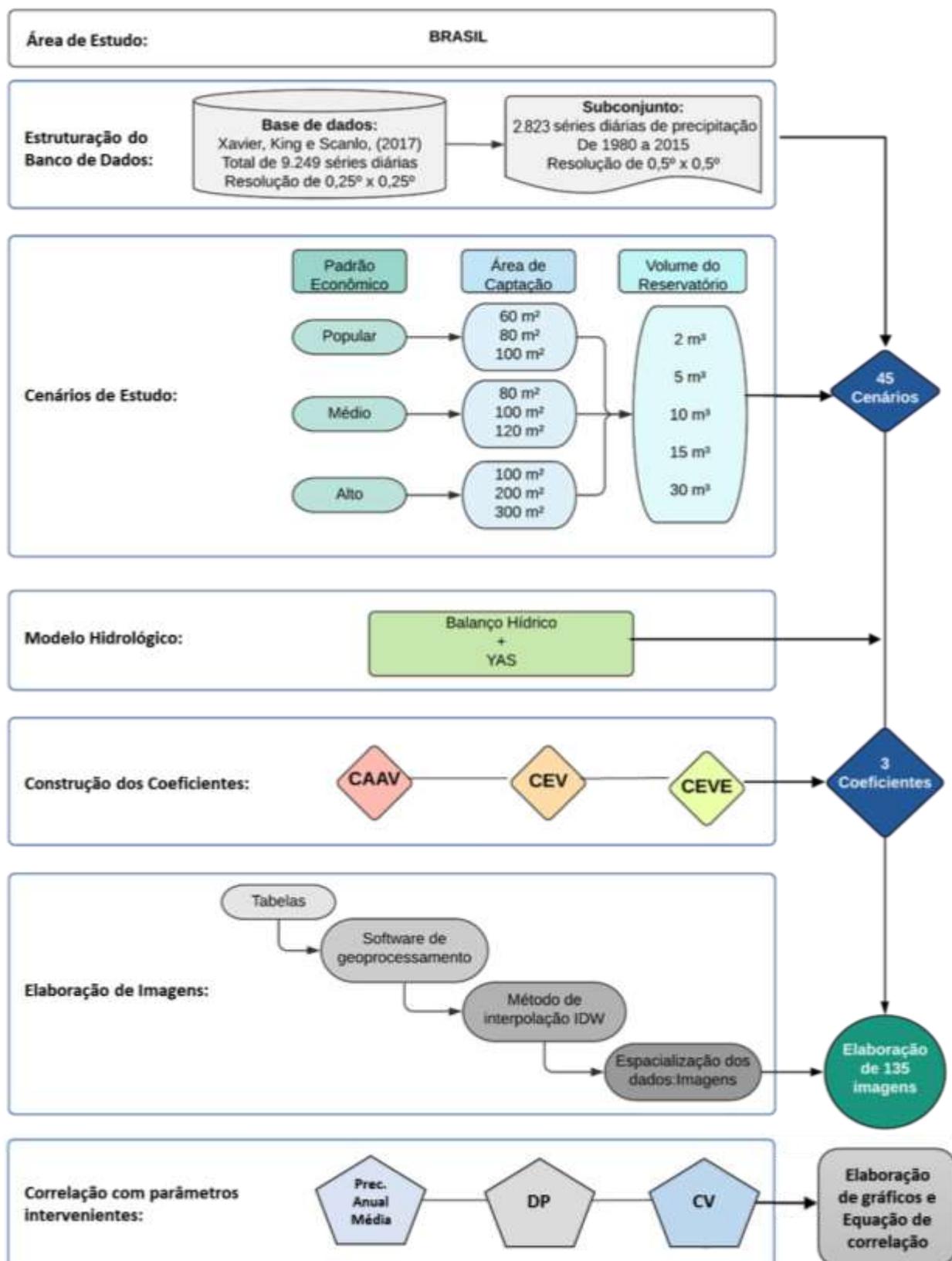


Figura 12. Fluxograma dos materiais e métodos utilizados na presente pesquisa.  
(Fonte: Próprio autor.)

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das séries diárias de 1980 a 2015, extraídas do banco de dados de Xavier, King e Scanlon (2017), foram calculadas as médias anuais da precipitação para o território estudado (Figura 13), na qual foi observada uma elevada variabilidade espacial do índice anual de precipitação, alcançando valores elevados, de aproximadamente 3.600 mm na região do norte e atingindo o valor mínimo de 412 mm de chuva na região nordeste, no clima semiárido.

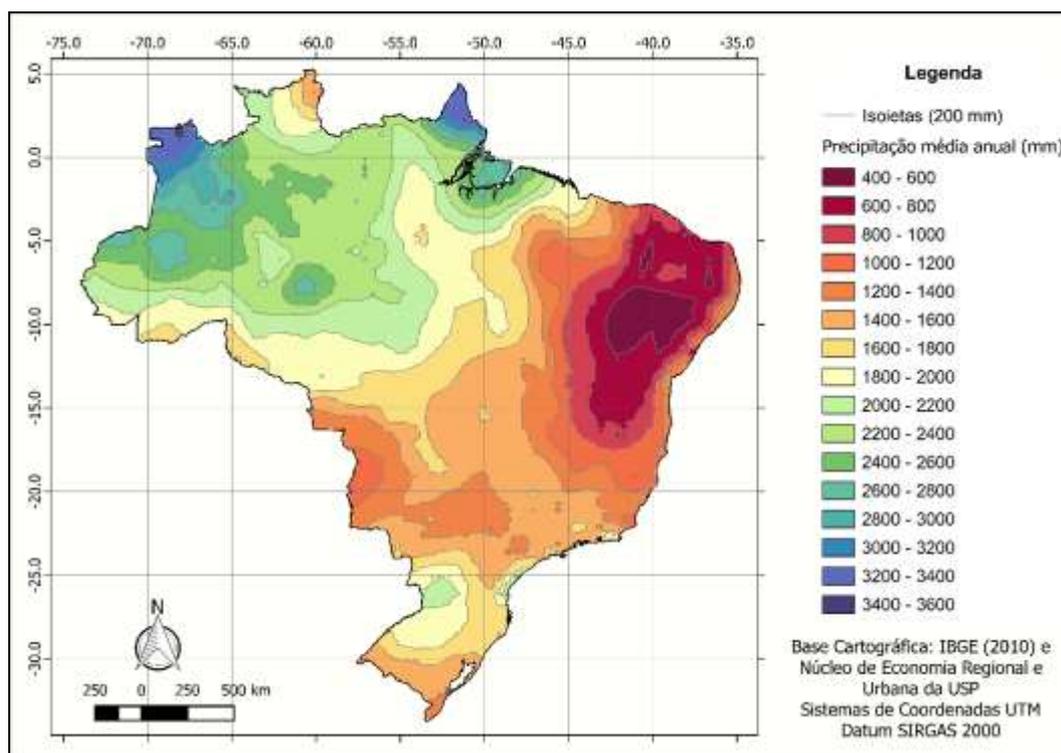


Figura 13. Precipitação média anual (1980-2015) na área de estudo.  
(Fonte: Próprio autor.)

Tal heterogeneidade das precipitações pluviométricas no território brasileiro, se reflete no processo de escolha do volume adequado de reservatórios para armazenamento nos SCAACs, pois deve considerar que além do quantitativo de chuva variar no espaço territorial, há também variação temporal/sazonal da precipitação.

Para entender melhor a variabilidade das chuvas no Brasil, foi calculado para cada ponto estudado o Desvio Padrão (DP) e o Coeficiente de Variação (CV) das séries diárias de precipitação. Assim buscou-se melhor visualizar essa variação da precipitação pluviométrica e auxiliar a interpretação de seu comportamento de dispersão. Para tanto, o CV foi calculado pelo quociente entre o desvio padrão e a média das séries diárias, multiplicado por 100 para

ser expresso em percentual (%). Os resultados das espacializações do DP e do CV são apresentados na Figura 14 e Figura 15.

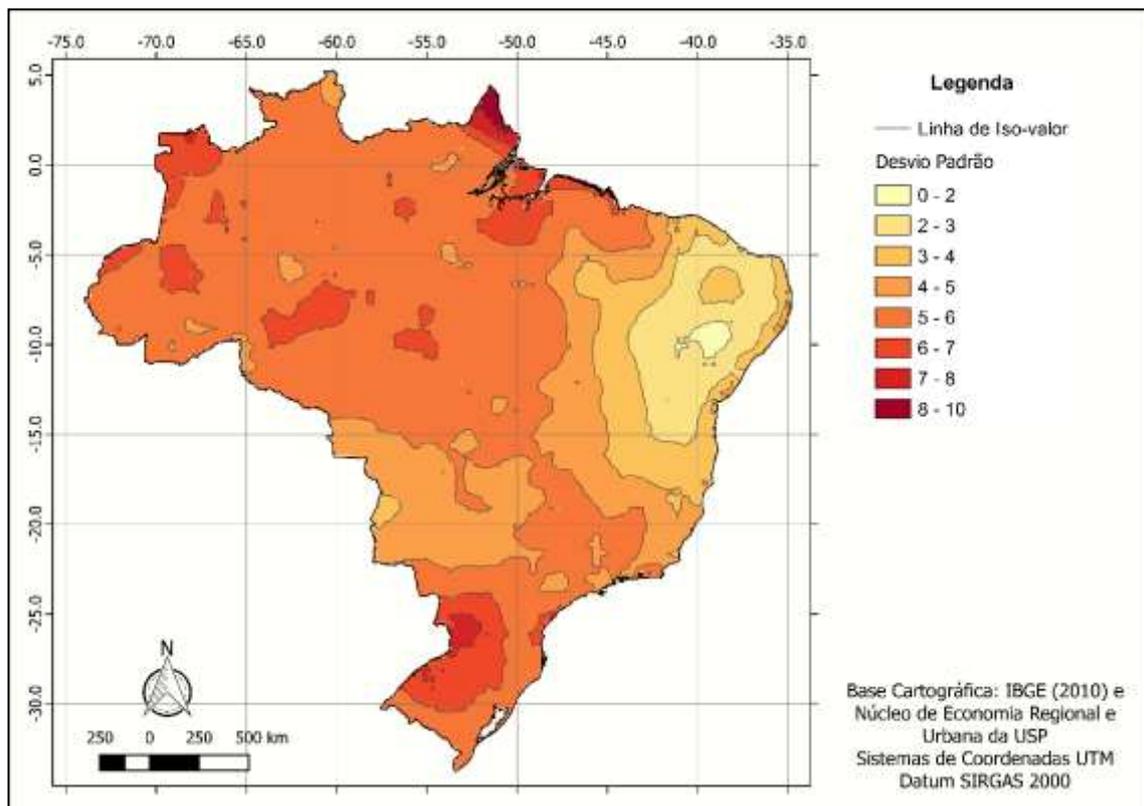


Figura 14. Espacialização do Desvio Padrão das séries diárias de precipitação (1980-2015) calculados para área de estudo. (Fonte: Próprio autor.)

O DP demonstra o quanto um conjunto de dados é uniforme, e que quanto mais próximo de 0, mais homogêneo é o conjunto de dados. Ou seja, quanto maior o DP maior a dispersão temporal das chuvas. No Brasil, o DP variou de 0 a 10, e a região Nordeste apresentou menores valores, e nas demais regiões, os valores foram intermediários, exceto regiões pontuais no extremo norte e na região sul que apresentaram valores máximos de DP, uma vez que os valores de precipitação variaram mais em relação à média. Como estes valores estão diretamente relacionados com a grandeza da precipitação, torna-se complexa a análise da espacialização do DP, uma vez que as condições de precipitação diferem entre as regiões.

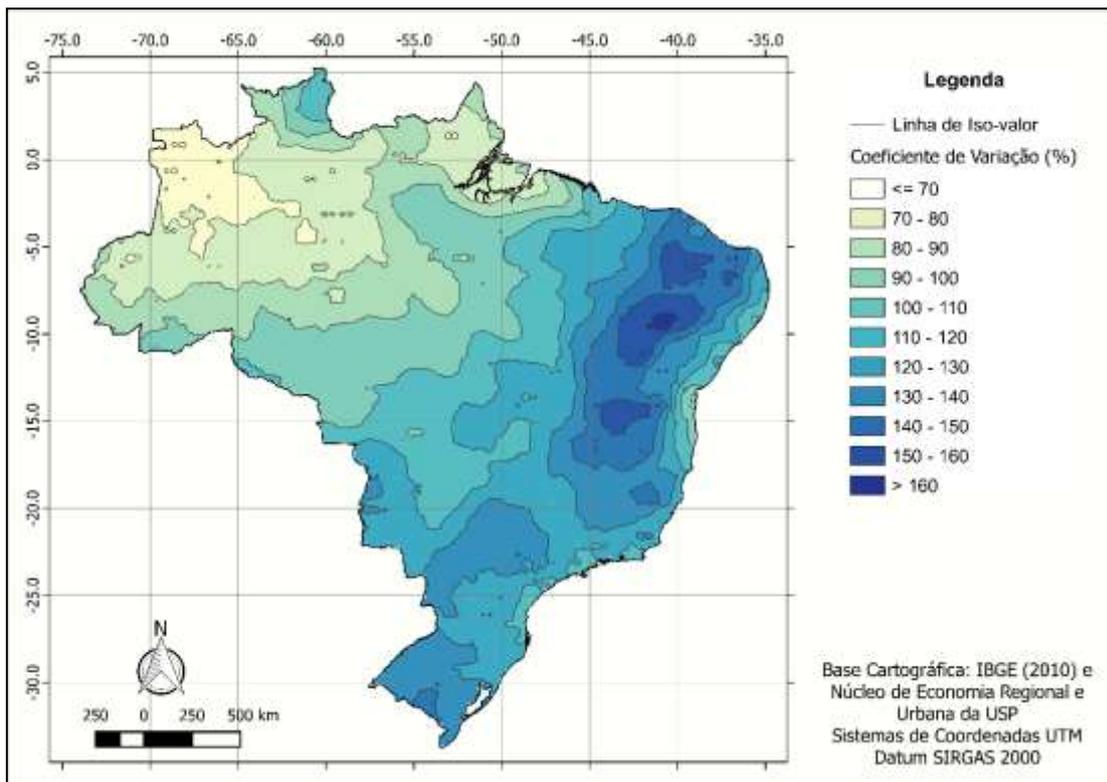


Figura 15. Espacialização do Coeficiente de Variação das séries diárias de precipitação (1980-2015) calculados para área de estudo. (Fonte: Próprio autor.)

Por sua vez, o CV é uma medida de dispersão relativa à magnitude da variável, porém desconsidera a grandeza da variável, ou seja, pode-se comparar diferentes cenários. Os CV resultantes da amostra estudada variaram entre 60% e 170% sinalizando uma elevada variabilidade, ou seja, elevada dispersão das precipitações. Os valores mais baixos do CV foram encontrados na região Norte, e os mais elevados na região Nordeste, seguido das regiões Sudeste e Sul. Quanto maior a variabilidade, maiores as chances de ocorrerem eventos de chuvas intensas e/ou secas intensas.

A aplicação da estatística descritiva auxilia a observação das características acerca da distribuição da precipitação no território estudado e o entendimento da ocorrência de eventos de precipitação. E esse conhecimento é indispensável quando há o interesse de instalação de SCAACs.

## 5.1. Apresentação dos coeficientes

A espacialização dos coeficientes possibilitou ressaltar a correspondência entre os resultados numéricos e o espaço físico estudado mediante a observação das imagens geradas as quais foram analisadas agrupadas em painéis, de modo a ser possível a observação do comportamento dos cenários elencados para cada um dos coeficientes propostos. Cada coeficiente foi analisado em combinações: cinco volumes de reservatório, três áreas de captação e três padrões socioeconômicos diferentes de edificações residenciais, resultando em um total de 45 cenários.

Para facilitar a visualização e compreensão dos dados a partir da espacialização dos valores dos coeficientes, as imagens foram agrupadas primeiramente em painéis de 15 imagens, explicitando a variabilidade que ocorre dentre os cenários observados no mesmo padrão socioeconômico, para ilustrar as correlações existentes entre todas as variáveis. Ou seja, pretende-se descrever comportamento do coeficiente de forma macro, observando a interação de todas as variáveis considerando os cenários inseridos em um mesmo padrão socioeconômico.

Para aprofundar a discussão também foram organizados painéis de 3 imagens, com o objetivo de possibilitar sua apresentação em escala que permitisse maior detalhamento visual, agrupadas por volume de reservatório demonstrando a variação causada pelas diferentes áreas de captação adotadas. Nessa apresentação foram identificadas faixas discretizadas de valores dos coeficientes, de modo a tornar a interpretação do comportamento dos coeficientes mais prática. Este conjunto de imagens está apresentado no Apêndice B deste documento.

Para facilitar a consulta de todos os coeficientes calculados para as capitais brasileiras e a capital federal elaborou-se uma tabela no apêndice D.

Salienta-se que dos três coeficientes estudados, os CEV e CEVE são inéditos e o CCAV é uma adaptação de estudos prévios, e todos foram calculados a partir de séries diárias de precipitação, para todo território brasileiro. Os coeficientes foram concebidos de modo a facilitar a tomada de decisão por parte de projetistas, gestores ou usuários dos SCAACs.

### 5.1.1. CEV

Este coeficiente reflete a maior ou menor quantidade de água aproveitável ( $m^3$ ) no ciclo anual por unidade de volume do reservatório ( $m^3$ ), aqui definido como a eficiência do reservatório em armazenar água pluvial. Portanto, valores mais elevados do CEV demonstram conseqüentemente uma maior capacidade de armazenamento, permitindo assim efetuar uma análise crítica da eficiência dos reservatórios.

Os valores de CEV encontrados variaram no intervalo de 0,6 a 73,4  $m^3.m^{-3}$  para o padrão popular, de 0,9 a 101,3  $m^3.m^{-3}$  no padrão médio e por fim, de 1,1 a 195,8  $m^3.m^{-3}$  no padrão alto. Observando as Figura 16, Figura 17 e Figura 18, foi possível constatar que os valores de CEV elevam-se com o aumento do padrão socioeconômico, decorrente do aumento de demanda e das áreas de captação. Por outro lado, é perceptível que seus valores diminuem com o aumento do volume dos reservatórios estudados.

Notaro *et al.* (2016) e Silva e Maia (2021) observaram que o aumento eficiência dos reservatórios utilizados ocorre com o aumento da área de captação. Isso ocorre pois o aumento da área de captação promove um aumento da quantidade de água que entra no SCAAC, promovendo o preenchimento dos volumes vazios dos reservatórios, diminuindo o espaço temporal em que o reservatório apresenta volumes ociosos.

Tanto para o padrão popular quanto para o médio, foi observado que os volumes de reservatório de 10, 15 e 30 $m^3$  apresentaram CEV menores de 20  $m^3.m^{-3}$  para todas as áreas de captação estudadas, enquanto para o padrão alto, a eficiência menor que 20  $m^3.m^{-3}$  ocorreu apenas para o reservatório de 30 $m^3$ , em todas as áreas de captação estudadas.

Os valores de CEV mostraram-se maiores principalmente quando as maiores áreas de captação foram combinadas aos reservatórios de volumes menores, tais como os volumes de 2 $m^3$ , para todos os padrões, e para 5 e 10 $m^3$  para os padrões médio e alto. Ou seja, para reservatórios muito volumosos, tal como os de 15 e 30 $m^3$ , o CEV é baixo, pois o incremento do volume disponível não é acompanhado por um aumento no volume aproveitável de água de chuva.

Tais resultados indicam que, segundo o critério de eficiência aqui definida, é mais interessante a adoção de reservatórios de pequenos volumes e em maior quantidade, do que grandes reservatórios em menores quantidades (considerando uma limitação de recursos a serem aplicados), visto que o emprego de volumes menores de reservatórios alcança eficiências mais elevadas de ocupação do volume do reservatório, e assim consegue-se obter valores elevados de armazenamento por um custo menor de implantação.

Silva e Maia (2021) argumentam que a área de captação e a demanda são variáveis limitantes para alcançar valores confortáveis de eficiência, e que existe um limiar no qual a variação dessas variáveis tem efeito suave na eficiência. Tal fato pode ser observado ao compararmos os valores de CEV em todos os cenários que consideram o volume de reservatório de 30m<sup>3</sup>, que mesmo com aumento das áreas de captação (de 60 a 300m<sup>2</sup>) e o aumento da demanda e padrão socioeconômico, não apresentou grande efeito sob o CEV, que permaneceu com valores inferiores a 10 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

Notaro *et al.* (2016) chegaram a conclusões que corroboram com a afirmação acima, pois verificaram que o aumento da performance (eficiência) dos tanques de armazenamento ocorria de forma moderada e não vantajosa para os reservatórios maiores de 20 m<sup>3</sup> combinados a áreas de captação grandes, como 200 e 300 m<sup>2</sup>.

Jing *et al.* (2017) afirmaram que grandes capacidades de armazenamento, além de um certo limite, tendem a se manter sempre ocupados por águas pluviais que não foram consumidas, e isso diminui a eficiência do sistema. Ou seja, pelo fato de reservatórios de maior volume passarem um maior período com capacidade ociosa, em relação aos de menor volume, sua eficiência volumétrica é menor.

Ferraz (2022) verificou que O CEV é fortemente relacionado à relação Benefício/Custo em SCAACs, pois quanto maior os valores de CEV, maior a ocorrência de cenários economicamente viáveis, como nos cenários combinando padrão socioeconômico alto, volumes de reservatórios menores, tarifas de água altas e taxas de juros mais baixas, demonstrando assim que o CEV pode ser utilizado para previsão de viabilidade econômica dos SCAACs.

Ou seja, ao se utilizar reservatórios de menores volumes, mas que tenham elevada eficiência, consegue-se diminuir o custo de cada sistema individualmente e assim tornar seu uso possível para uma quantidade maior de usuários.

Dessa maneira, como forma de maximizar os benefícios decorrentes de investimentos em SCAACs, considerando cenários de recursos limitados, a análise do CEV indica que se deve dar preferência a uma combinação de reservatórios de pequena capacidade com maiores áreas de captação (em comparação com as de menores áreas), para um número elevado de unidades habitacionais atendidas.

Evidencia-se a importância do CEV, pois este tem o potencial de auxiliar na tomada de decisão, considerando cenários de recursos limitados, favorecendo tanto a viabilidade técnica quanto a viabilidade econômica do sistema.

Esse fato é de relevante importância quando se retoma a ideia de Notaro et al. (2016), na qual se verifica que os SCAACs prestam um papel relevante como complemento ao suprimento de água potável fornecida pelo sistema de abastecimento regular. Por isso a implantação desses sistemas pluviais são cada vez mais imprescindíveis e devem ser incentivados em áreas residenciais urbanas, para diminuir a pressão sobre os mananciais superficiais e subterrâneos utilizados pelo serviço municipal.

A observação espacial das imagens possibilita identificar que os valores de CEV na região Amazônica (Norte) se apresentam mais elevados para todos os cenários observados, alcançando as maiores eficiências volumétricas para os cenários do padrão alto. Eficiências elevadas mostram-se de forma mais discreta nas regiões Centro-Oeste e Sul. Por outro lado, apresenta os menores valores de CEV a região Nordeste, mais especificamente no clima semiárido, para todos os cenários observados, sendo mais baixas (próximas a zero) para o interior do Nordeste em grande parte dos cenários nos padrões popular e médio, para reservatórios de 5m<sup>3</sup> ou mais. A região Sudeste também apresenta valores baixos de CEV para a maioria dos estados.

Portanto, verifica-se a espacialização do CEV acompanhando a espacialização das chuvas, isto é, a disponibilidade da precipitação pluviométrica.

A aplicação do CEV para calcular o volume aproveitável que um reservatório de um dado volume pode disponibilizar no ciclo anual, deve ocorrer mediante a observação da imagem (espacialização) referente às variáveis do cenário adequado que se assemelhem às condições de instalação. Em seguida deve-se efetuar a multiplicação do volume do reservatório pelo CEV associado. Recomenda-se que sejam analisados mais de um volume de reservatório, pois assim se faz possível a comparação entre os volumes aproveitáveis anuais após a aplicação do CEV. Por fim, para escolha do reservatório deve ser verificado o volume que melhor se adequa às necessidades de demanda combinado com a maior eficiência do sistema.

Para maiores esclarecimentos, consultar os exemplos de aplicação do CEV no Apêndice A e os valores de CEV observados para as capitais brasileiras e a capital federal podem ser consultados de maneira resumida, no apêndice D.

Diante do exposto, se faz relevante propor a aplicação do CEV como uma ferramenta de simples utilização para os que desejam efetuar instalação de um SCAAC, pois baseia-se na consulta de imagens resultantes da espacialização do coeficiente, e cálculos matemáticos simplificados, tornando seu uso prático e fácil, sem a necessidade de cálculos complexos ou planilhas.



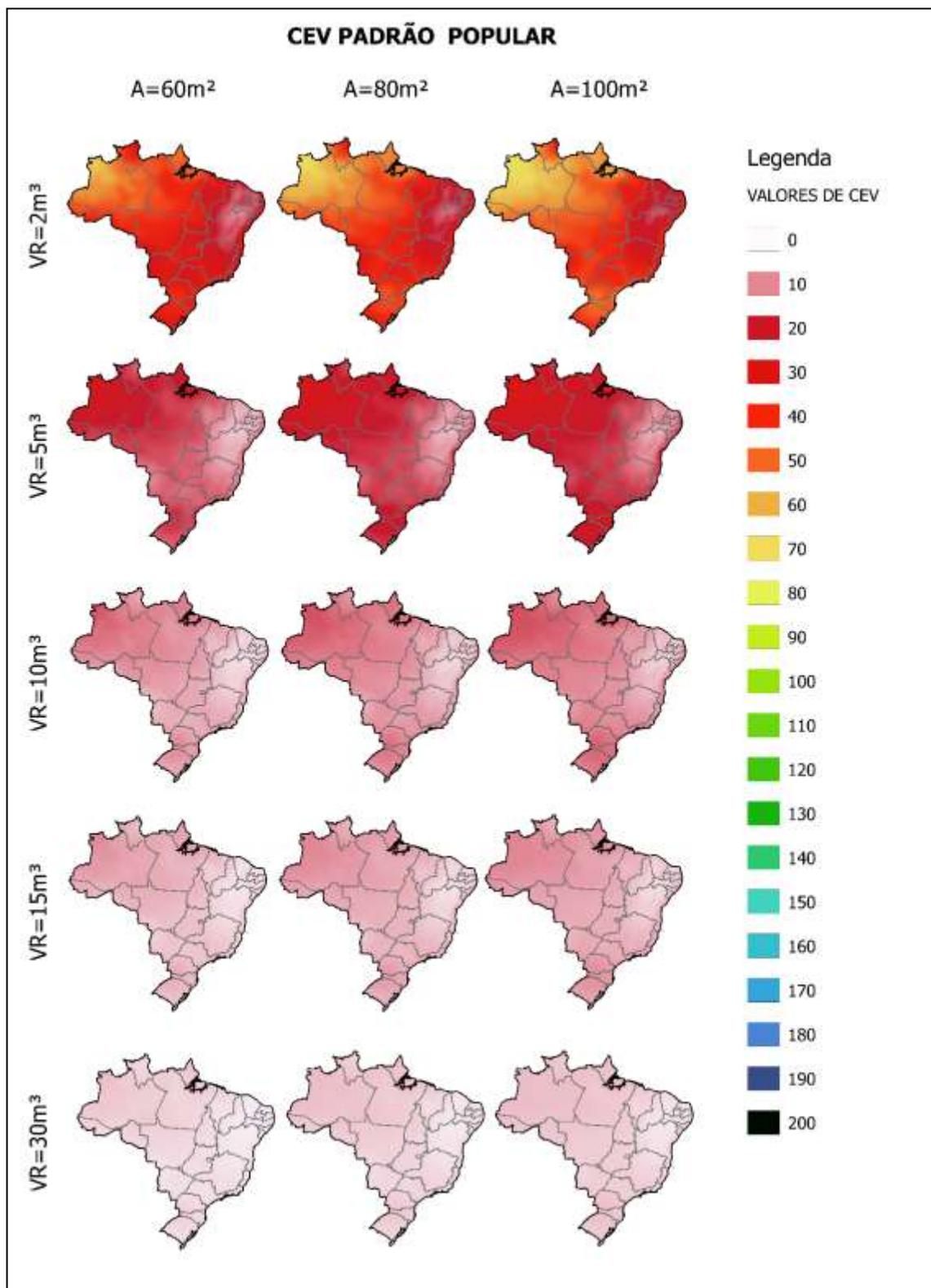


Figura 16. Espacialização do CEV para padrão popular e para os cenários estudados.  
(Fonte: Próprio autor.)

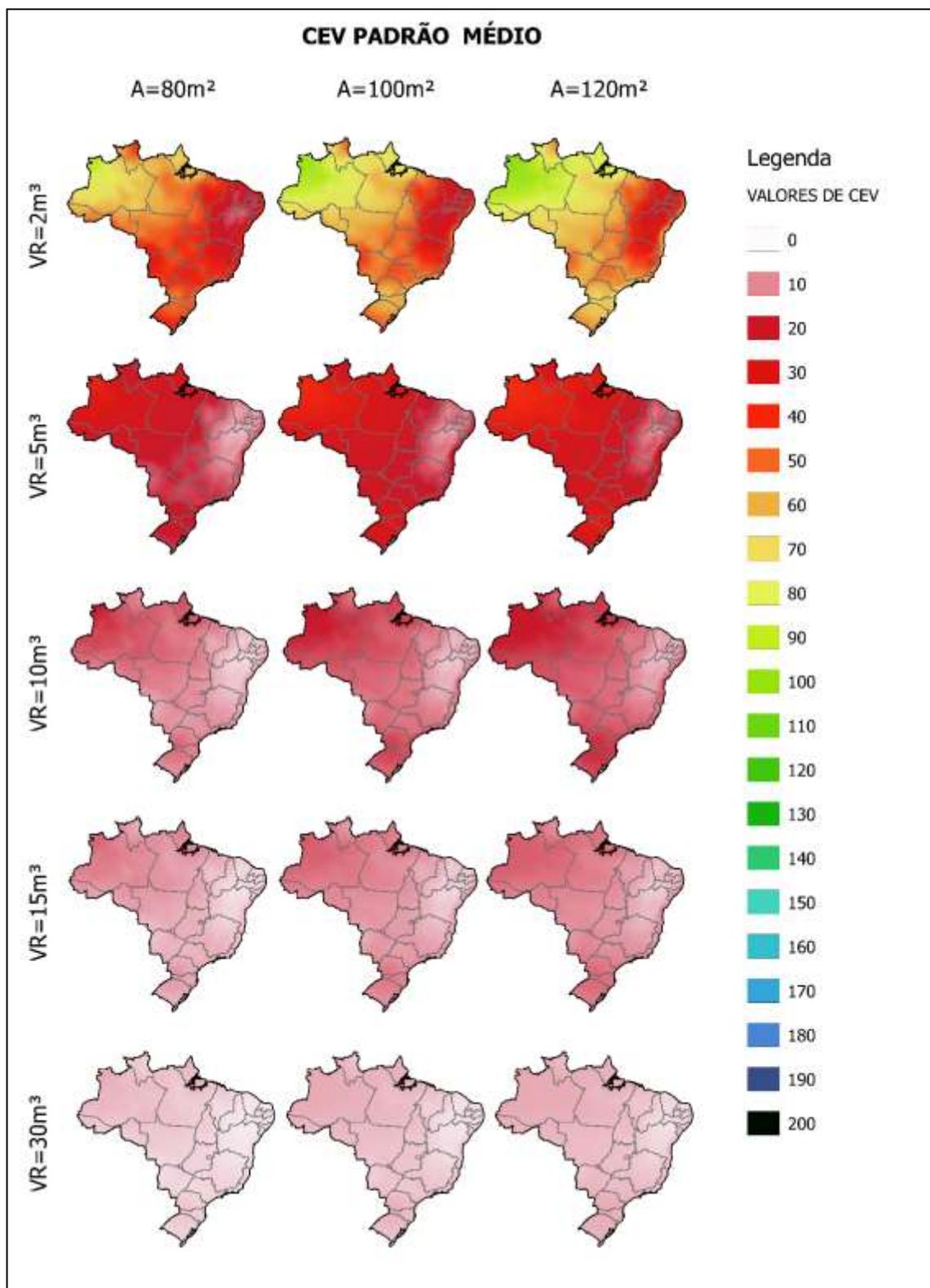


Figura 17. Espacialização do CEV para padrão médio e para os cenários estudados. (Fonte: Próprio autor.)

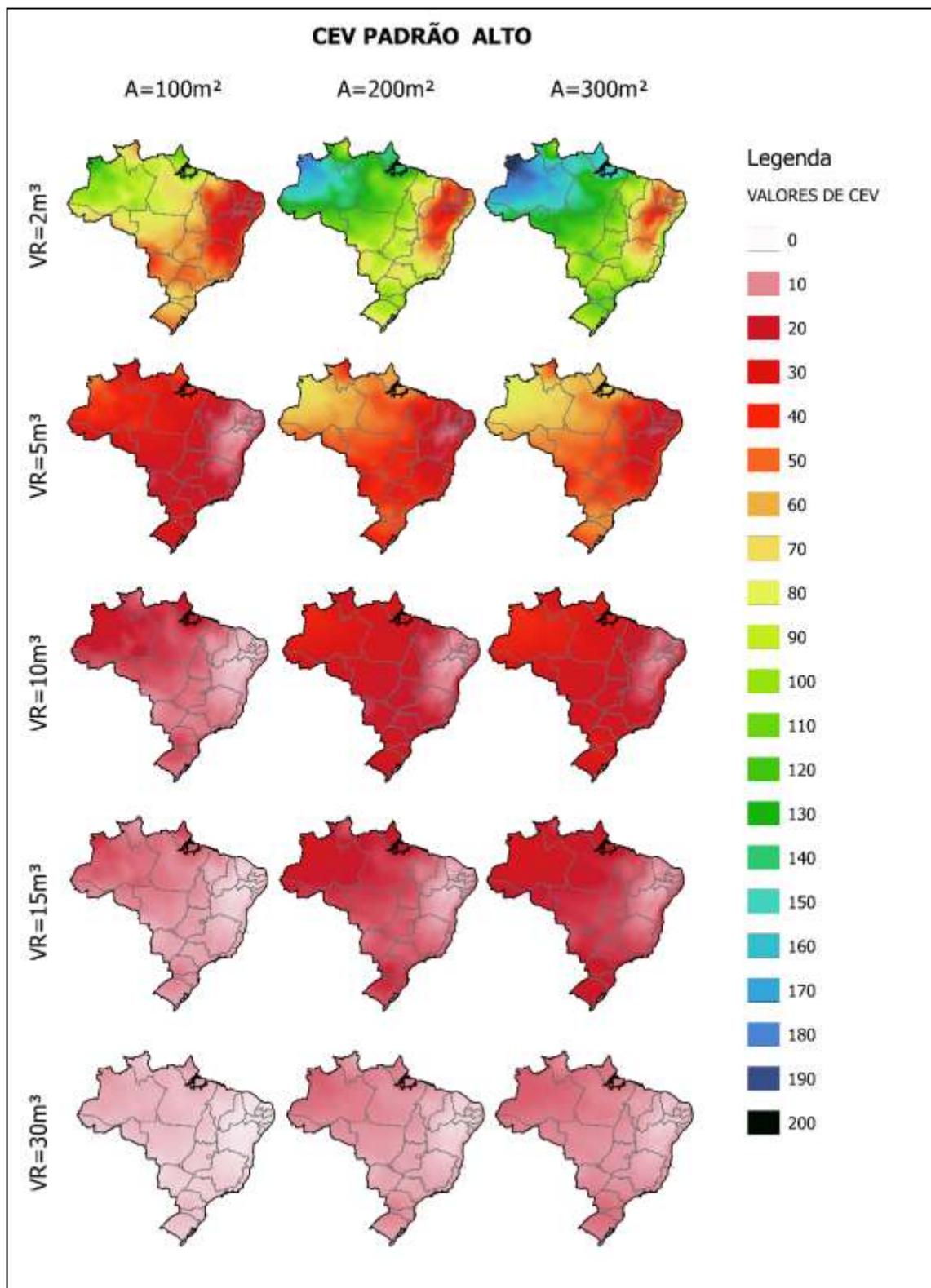


Figura 18. Espacialização do CEV para padrão alto e para os cenários estudados. (Fonte: Próprio autor.)

### 5.1.2. CEVE

Observando a espacialização do CEV percebe-se uma incidência para todos os cenários de valores muito baixos de eficiência volumétrica para as regiões de baixa precipitação, tal como o semiárido do nordeste do Brasil. Por isso, para permitir uma melhor comparação da eficiência volumétrica de reservatórios entre localidades com distintas disponibilidades de precipitação, foi proposto o coeficiente de eficiência volumétrica específica, o CEVE.

O CEVE propõe dividir o CEV pela precipitação anual, e assim busca atenuar os efeitos das precipitações sobre a eficiência volumétrica do SCAAC, uniformizando a comparação da eficiência volumétrica para todas as faixas de precipitação. Isso possibilita melhor análise da situação, principalmente em regiões onde os índices pluviométricos são baixos, evitando-se o viés imposto pelas grandes precipitações anuais.

Assim sendo, o valor de CEVE variou de 1,2 a 37,2  $\text{mm}^{-1}$  para padrão popular, 1,5 a 56,0  $\text{mm}^{-1}$  para o padrão médio e 2,4 a 99,7  $\text{mm}^{-1}$  para o padrão alto. A variação do CEVE nos padrões socioeconômicos pode ser observada nas Figura 19,

Figura 20 e Figura 21.

Verificou-se que ocorreu o incremento dos valores de CEVE com o aumento dos padrões socioeconômicos e aumento das áreas de captação, no entanto, observou-se sua diminuição com o aumento do volume dos reservatórios, semelhante ao que foi verificado no comportamento do CEV.

Para o padrão popular, valores de CEVE acima de  $25 \text{ mm}^{-1}$  só ocorrem para os reservatórios de  $2\text{m}^3$  (menor volume analisado). Para os demais volumes de reservatórios, a eficiência volumétrica específica é sempre menor, e para os reservatórios de  $30\text{m}^3$  os valores de CEVE são sempre os mais baixos. Valores de CEVE maiores de  $60 \text{ mm}^{-1}$  apareceram apenas no padrão socioeconômico alto, para cenário combinando maior área de captação ( $300\text{m}^2$ ) com o reservatório de menor volume ( $2\text{m}^3$ ).

Percebe-se que os CEVE alcançam valores máximos para os reservatórios de menor volume do padrão socioeconômico alto. Fica clara a situação, pois, reservatórios de pequenos volumes não apresentam volumes ociosos por muito tempo, ou seja, assimilam água com elevada frequência, semelhante ao que ocorre com o CEV.

Ao comparar o CEVE com o CEV, verifica-se que houve menor amplitude nos valores do primeiro coeficiente, e isso demonstra que houve uma atenuação dos efeitos da precipitação anual nos resultados. A sazonalidade é um aspecto importante a ser considerada juntamente com o total precipitado. Quanto mais irregular é a distribuição temporal da precipitação, isto é, grandes intervalos temporais com a ausência de precipitação, ocorrendo chuvas intensas pontuais e rápidas, maior é a probabilidade de haver o esvaziamento dos reservatórios e após um evento chuvoso intenso rapidamente haver o enchimento do reservatório, causando extravasamento de parte do volume captado.

A espacialização dos coeficientes no território brasileiro aponta valores de CEVE de baixos a intermediários para todas as regiões, exceto para região Nordeste, na qual se destaca pela ocorrência de valores de CEVE mais elevados, principalmente na região semiárida, como percebe-se mais facilmente nos cenários combinados com os volumes de  $2\text{m}^3$ . Com a observação de maiores valores de CEVE na região semiárida, onde ocorrem as menores disponibilidades de precipitação pluviométrica, percebe-se que o CEVE foi capaz de atenuar o efeito das grandes precipitações, e possibilitou uma melhoria na análise da eficiência volumétrica para localidades de ocorrência de baixos índices pluviométricos.

O CEVE permite uma comparação da eficiência do reservatório e dos volumes potencialmente aproveitáveis entre regiões com regimes pluviométricos distintos, (notadamente ao que se refere à quantidade de chuva disponível).

Para maiores esclarecimentos, consultar exemplo de aplicação do CEVE no Apêndice A e os valores de CEVE observados para as capitais brasileiras e a capital federal podem ser consultados de maneira resumida, no apêndice D.

É importante esclarecer que o CEVE, por apresentar um valor associado ao milímetro precipitado demonstra uma eficiência específica, apresentando exatamente à quantidade de chuva disponível para utilização, e por isso deve ser aplicado para situações de baixa pluviosidade, como o semiárido nordestino.

O principal efeito da aplicação do CEVE é mais facilmente percebido quando se efetua a observação de duas localidades com precipitação média anual semelhante, mas apresentando regimes de precipitação distintos, o que afeta diretamente o CEVE.

Dessa forma, este coeficiente foi desenvolvido para se tornar uma ferramenta importante na tomada de decisão quanto aos investimentos, efetuados por entidades e governos, que incentivam e subsidiam a construção e instalação de SCAACs.

O CEVE possibilita indicar reservatórios de maior eficiência para cada condição pluviométrica, pois mesmo em situações de escassez hídrica, cada localidade apresenta uma distribuição temporal das chuvas própria, assim o que é eficiente para uma localidade, não é exatamente o mais adequado para outra, mesmo que apresente similaridade nas médias anuais.

Assim, a aplicação do CEVE como ferramenta tem por objetivo priorizar o emprego de recursos financeiros na implantação de SCCAC, baseando-se na escolha e emprego de um número maior de SCAACs considerando duas variáveis importantes: primeiramente optando por reservatórios de menores volumes e elevado CEVE, em detrimento a escolha e emprego de reservatórios de maior volume e menor eficiência; e secundariamente, optando por maiores áreas de captação para alcançar maiores CEVEs, e assim atingir situações mais interessantes para instalação de SCAACs. Posto que em localidades que apresentam condições de escassez hídrica, há o interesse de alcançar um quantitativo maior de habitantes impactados positivamente, o emprego do CEVE possibilita a análise e o emprego de maiores quantidades de reservatórios, e quanto maior o número de reservatórios implantados, maior a população beneficiada com acesso a água.

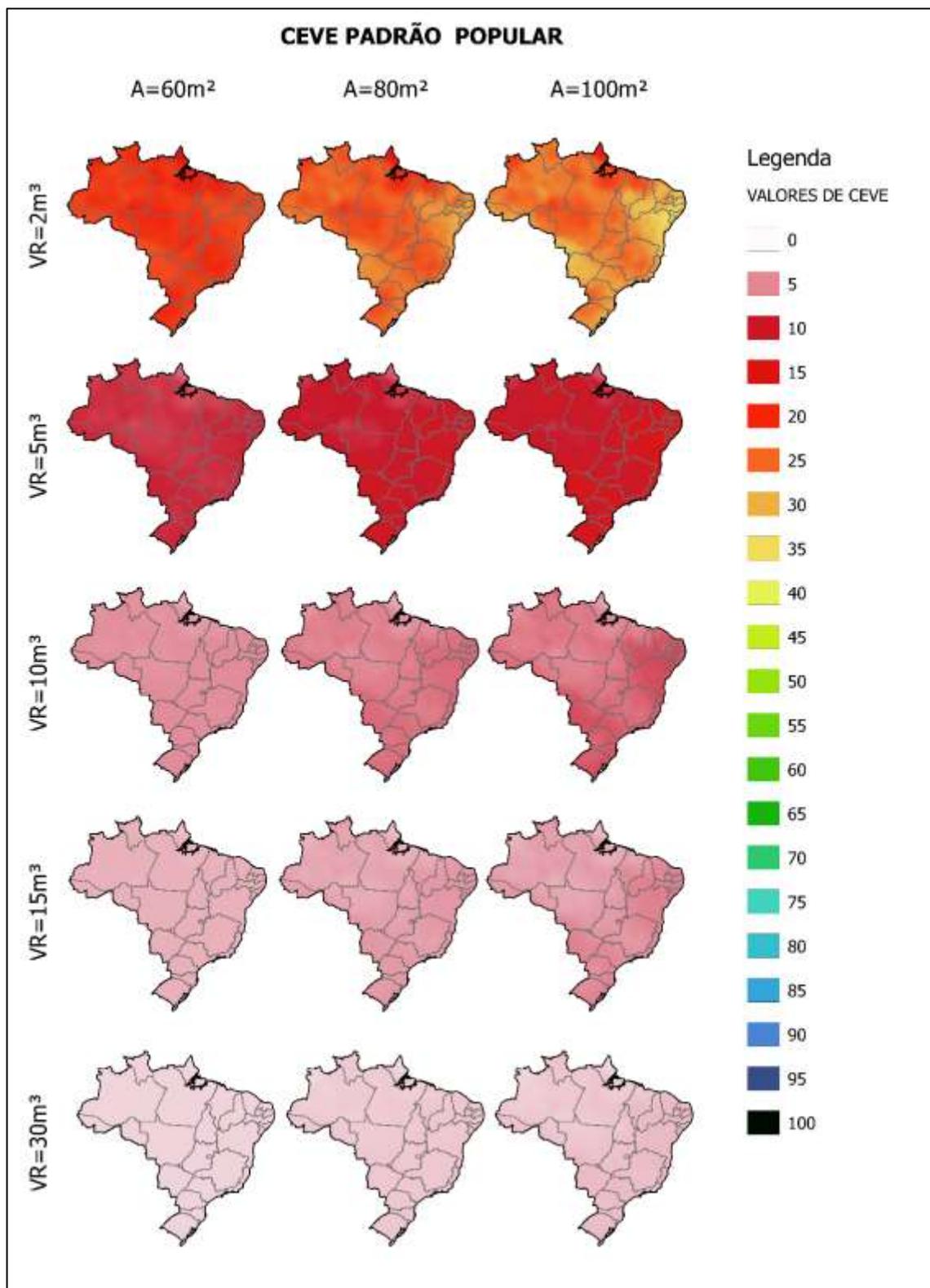


Figura 19. Espacialização do CEVE para padrão popular e para os cenários estudados. (Fonte: Próprio autor.)

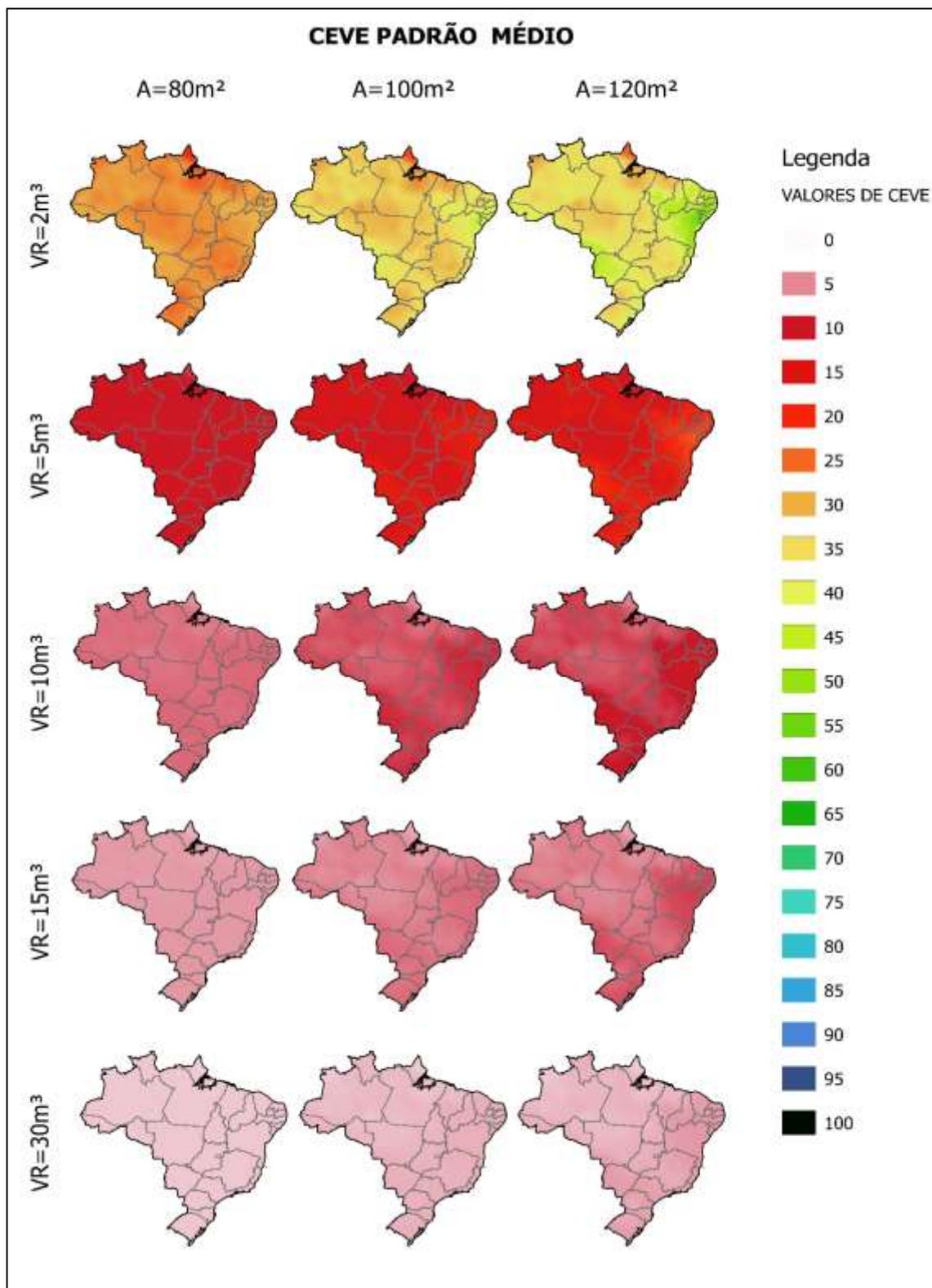


Figura 20. Espacialização do CEVE para padrão médio e para os cenários estudados.  
(Fonte: Próprio autor.)

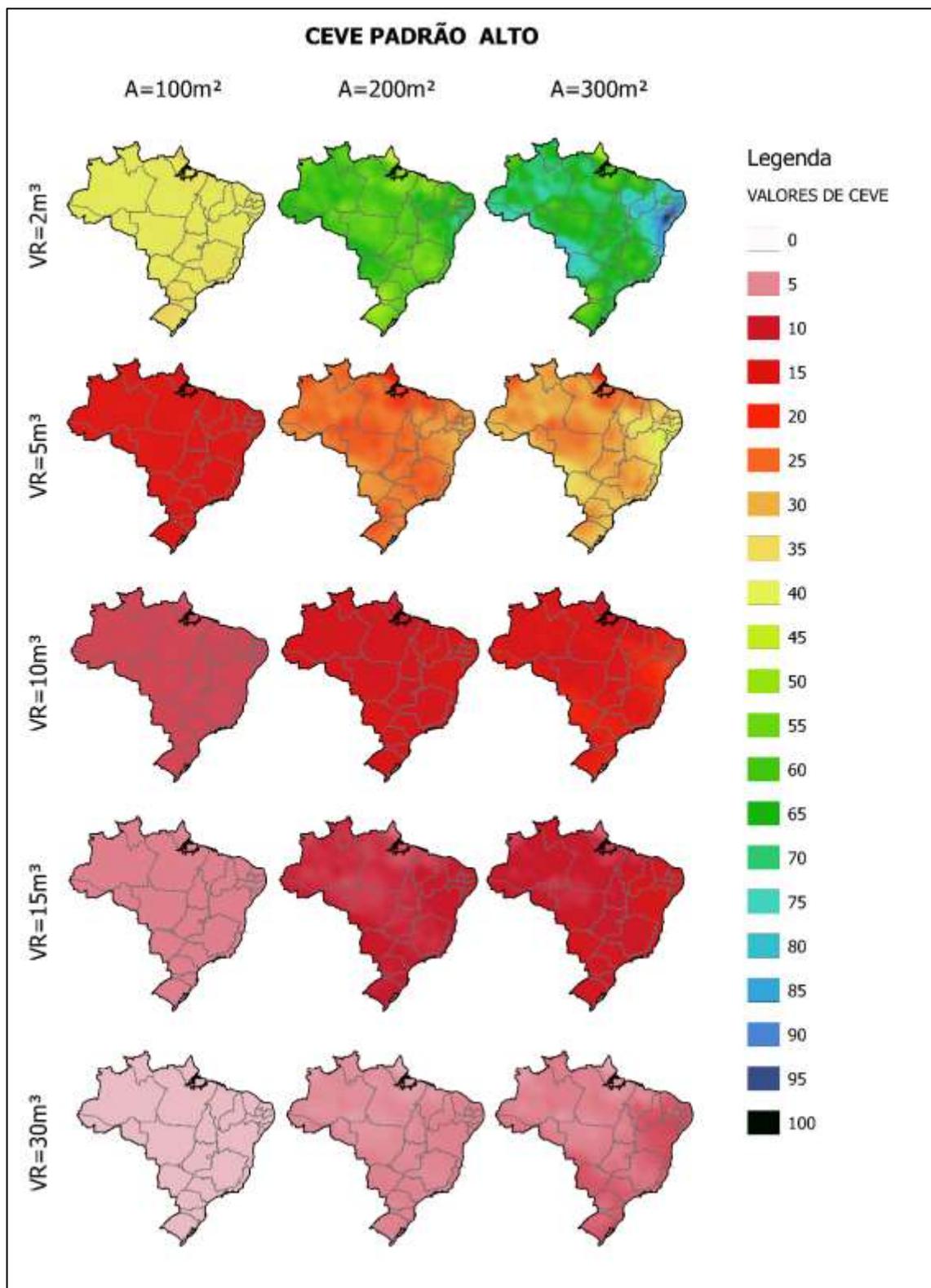


Figura 21. Espacialização do CEVE para padrão alto e para os cenários estudados.  
(Fonte: Próprio autor.)

### 5.1.3. CCAV

O CCAV é um coeficiente adimensional, já concebido e trabalhado pelos autores Dias (2007), Lacerda e Athayde Júnior (2015), Sales (2016) e Da Silva e Athayde Júnior (2020) e neste trabalho passou por uma adaptação na sua forma de cálculo, de modo a obter melhoria na sua compreensão e aplicação.

A importância do CCAV fundamenta-se no fato de ser comum o uso de médias mensais no dimensionamento ou análise de volumes de reservatórios de armazenamento de água de chuva. No entanto, as médias mensais tendem a sobrepor nuances diárias de precipitação, as quais são consideradas quando da aplicação deste coeficiente.

Quanto maior o valor de CCAV obtido, mais relevante é a sua aplicação para a adequação do volume aproveitável, reduzindo assim os erros na estimativa do volume aproveitado em um ciclo anual, em função de uma contabilização mais precisa dos volumes extravasados. A espacialização do CCAV pode ser observada nas Figura 22, Figura 23 e Figura 24. Os painéis com imagens mais detalhadas podem ser consultados no Apêndice B.

Os valores máximos de CCAV observados foram de 1,28 para o padrão popular, 1,41 para o padrão médio e 1,67 para o padrão alto, e ocorreram nos cenários associados ao reservatório de 2m<sup>3</sup> quando combinados com as maiores áreas de captação de cada padrão, enquanto o valor mínimo obtido foi igual a 1,00, para todos os padrões socioeconômicos estudados.

Observou-se que quanto maior os volumes dos reservatórios, menores são os valores do CCAV. Isto pode ser justificado uma vez que os picos de chuva que podem ocorrer em um dia são mais facilmente acomodados em reservatórios de maiores volumes, e por isso há menor volume extravasado. Enquanto para cenários de menores volumes de reservatório, os valores de CCAV foram maiores, indicando assim uma maior vulnerabilidade que estes reservatórios enfrentam com relação à sua capacidade de armazenar os volumes captados advindos de picos diários de chuva, ou seja, há maiores volumes extravasados, dado o pequeno volume de armazenamento.

A diferença entre valores de volumes aproveitáveis calculados em bases mensais e diárias também foi mencionada por Da Silva e Athayde Júnior (2020) que salientaram que o volume transbordado, quando calculado utilizando dados diários de precipitação são mais precisos do que quando calculado com dados mensais, pois trabalha com uma escala de tempo menor, e tal fato permite a visualização de forma mais exata da distribuição da chuva ao longo do tempo.

Analisando a espacialização deste coeficiente também foi possível verificar um comportamento de aumento do CCAV com o aumento das áreas de captação. Isto ocorre porque quanto maior a área de captação, maior é o volume de água da chuva captado. Logo, maiores áreas de captação geram maiores entradas de água pluvial e isso leva a maior ocorrência de extravasamentos em reservatórios de pequenos volumes.

Salienta-se que quando o valor de CCAV é igual a 1,00, significa que não há diferenças entre os volumes aproveitáveis em um ciclo anual decorrente de um balanço efetuado com base em séries diárias e o mesmo decorrente de médias mensais. Essa situação ocorre nos reservatórios de maiores volumes (10, 15 e 30 m<sup>3</sup>), pois quanto maior a capacidade de armazenar água da chuva, menores são os volumes de água que extravasam do sistema, como também verificaram Da Silva e Athayde Júnior (2020).

Para valores de reservatórios de 10, 15 e 30m<sup>3</sup> situados na região do semiárido brasileiro, os valores de CCAV são sempre muito próximos de 1,0. Podemos então afirmar que os programas de auxílio à população que vivem na região semiárida do Brasil, tais como o Programa Um Milhão de Cisternas, que utiliza cisternas de 16m<sup>3</sup>, podem fazer uso das médias mensais de precipitação para cálculo de volumes aproveitáveis de água pluvial, sem que haja perda de precisão na estimativa dos volumes potencialmente aproveitáveis.

De forma geral a região Norte do Brasil foi a que apresentou menores valores de CCAV para todos os cenários estudados. Tal fato pode ser explicado uma vez que a região Norte apresenta um regime de precipitação que ocorre de forma bem distribuída e frequente ao longo do ano, com menor quantidade de eventos de extrema chuva ou seca. Logo, os usos cotidianos da água de chuva esvaziam uma parcela do reservatório, que tende a receber uma quantidade regular de água, que o preenche novamente e assim há menor ocorrência de extravasamentos.

Já na região Sul ocorrem valores de CCAV mais elevados, ou seja, ocorrem maiores diferenças entre os volumes aproveitáveis calculados pelas médias mensais e diárias. Tal resultado demonstra uma maior relevância da sua aplicação nessa região para o ajuste dos volumes aproveitáveis, principalmente para reservatórios de 2 e 5m<sup>3</sup>. A aplicação do CCAV nessa região se faz imprescindível para embasar a adoção racional de SCAACs adequados, evitando assim gastos excessivos de construção e motivando a adoção dessa prática que minimiza a demanda de água potável, em escassez na região Sul.

A aplicação do CCAV deve ocorrer quando forem utilizados dados mensais de precipitação, e assim poder corrigir este valor uma estimativa mais realística do Volume

Aproveitável. Para tanto, efetua-se o quociente entre o volume aproveitável obtido pelos cálculos utilizando os dados mensais de precipitação e o CCAV.

Para maiores esclarecimentos, consultar exemplo de aplicação do CCAV no Apêndice A e os valores de CCAV observados para as capitais brasileiras e a capital federal podem ser consultados de maneira resumida, no apêndice D.

Assim o uso do CCAV é de grande importância, pois permite se efetuar o balanço hídrico no reservatório em base mensal e corrigir a estimativa do volume aproveitável para uma precisão de base diária, facilitando assim uma estimativa mais precisa da quantidade de água que pode ser aproveitada no ciclo anual, quando da utilização de médias mensais.

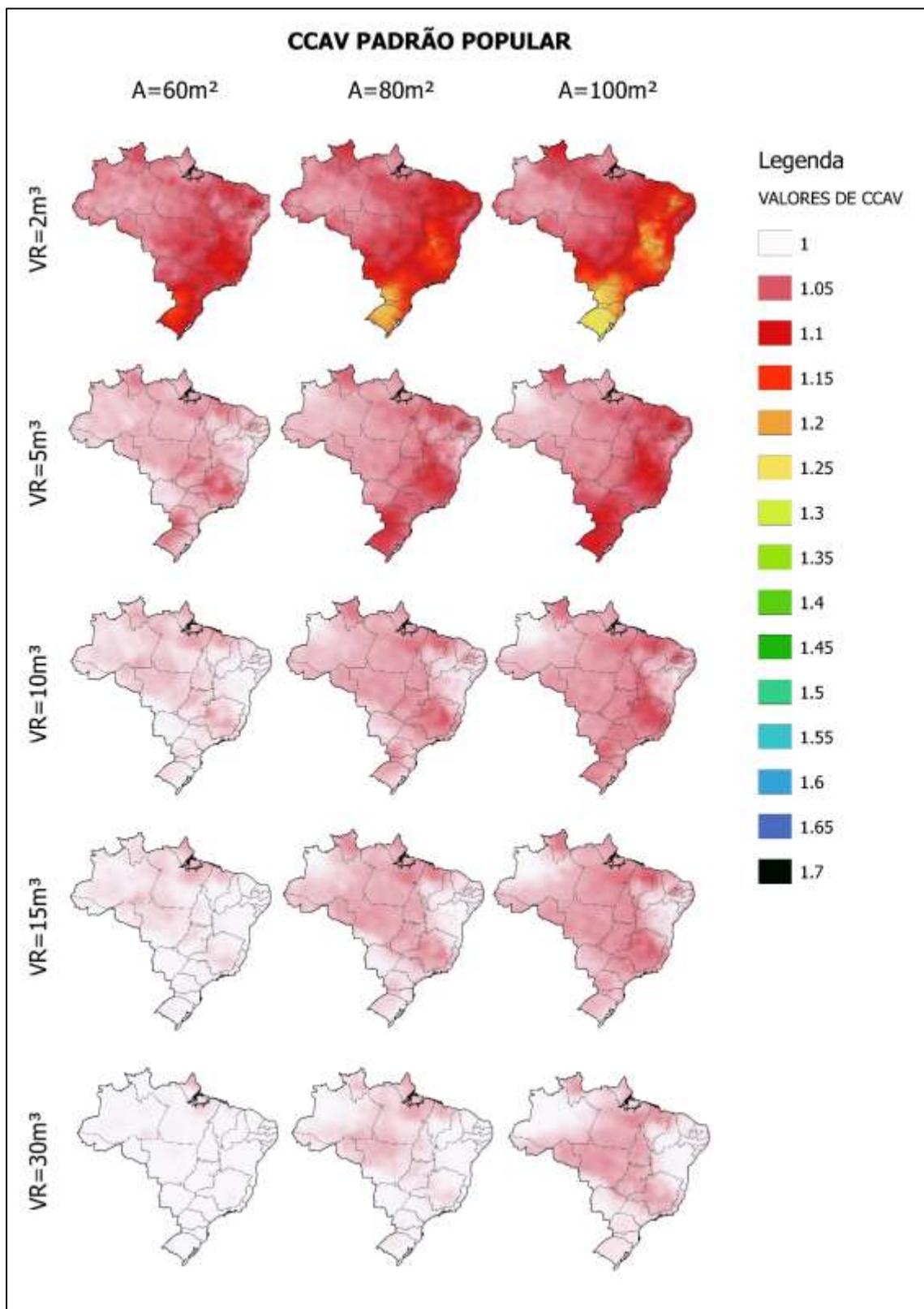


Figura 22. Espacialização do CCAV para padrão popular e para os cenários estudados.  
(Fonte: Próprio autor.)

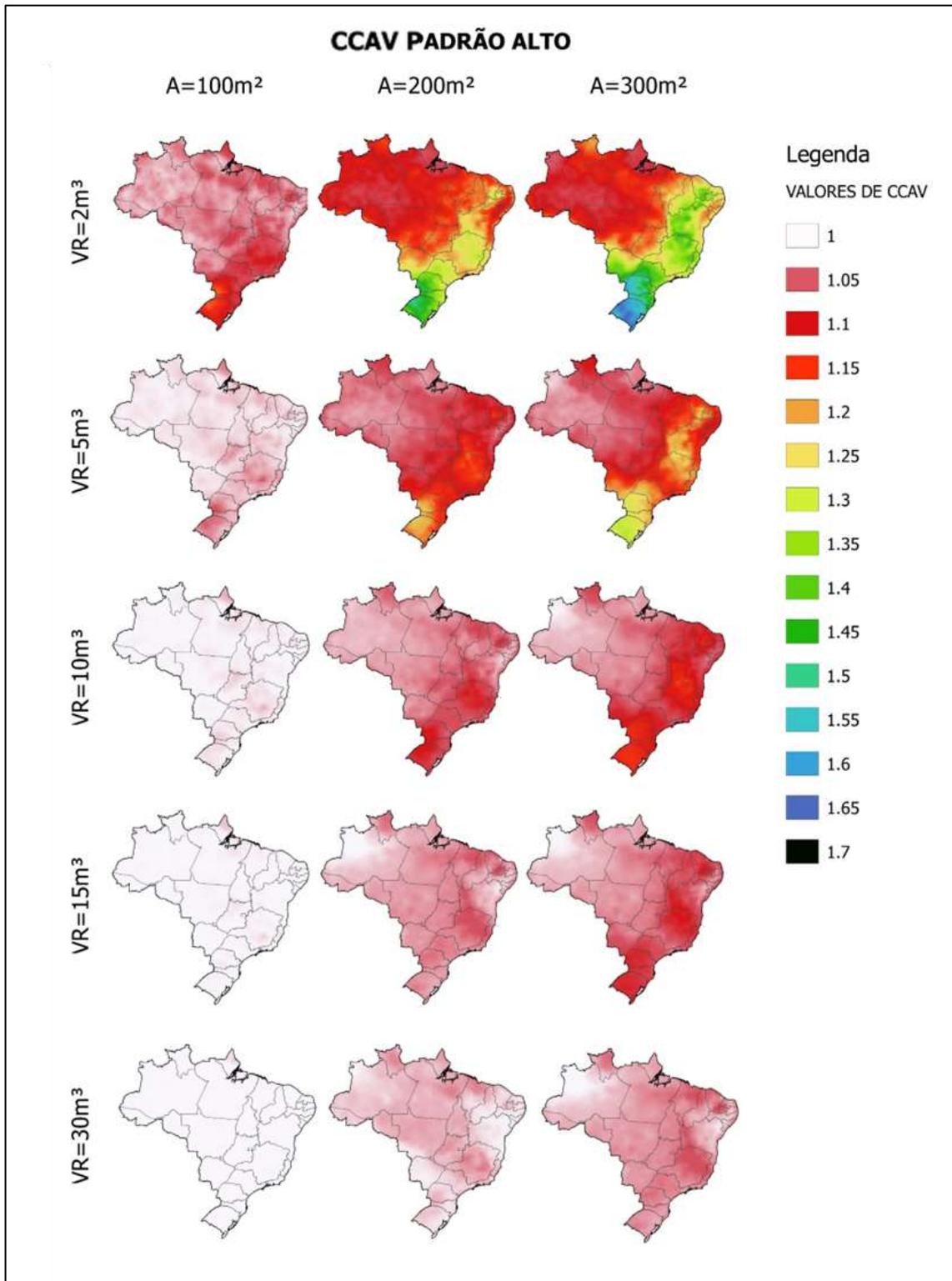


Figura 23. Espacialização do CCAV para padrão médio e para os cenários estudados.  
(Fonte: Próprio autor.)

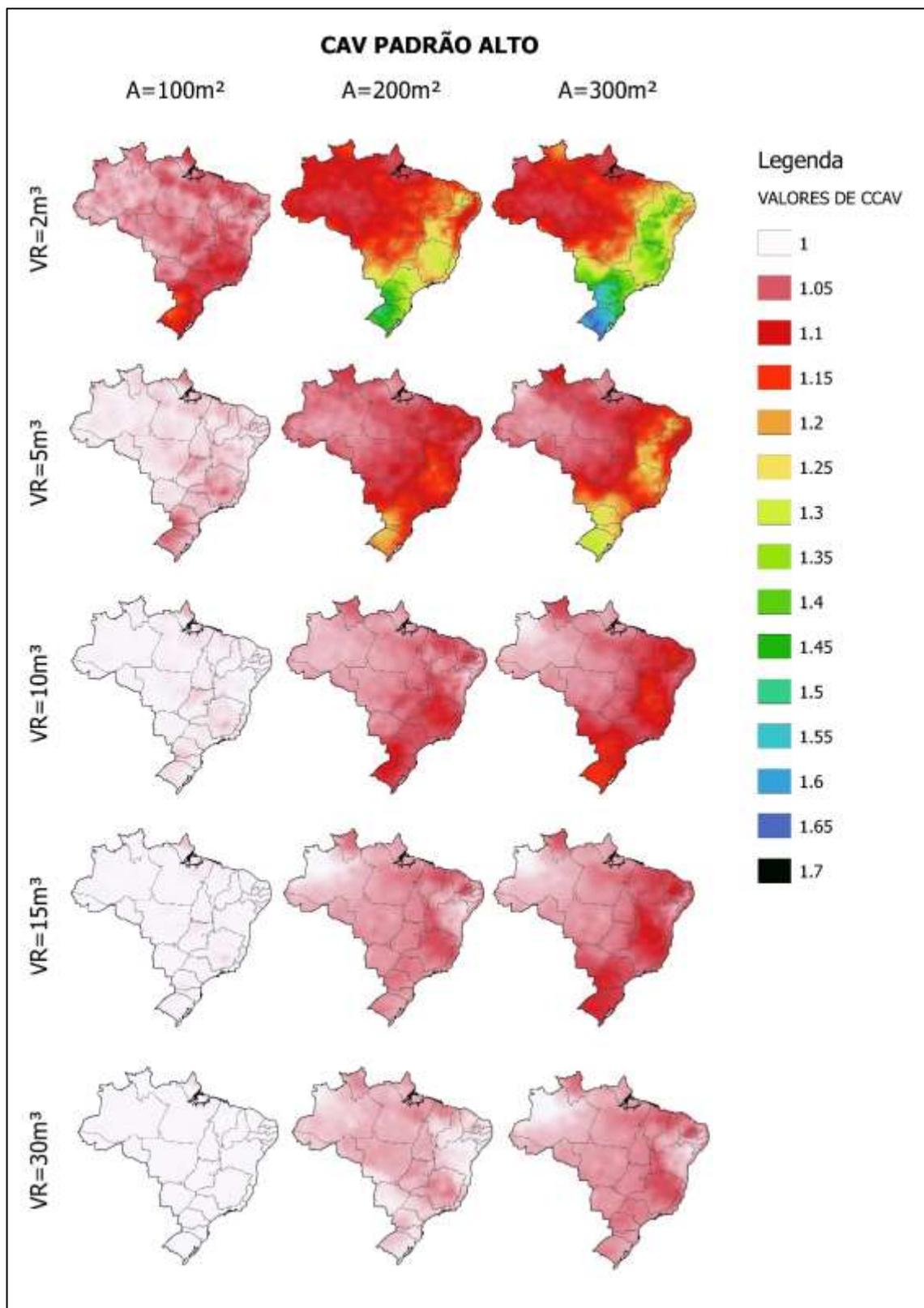


Figura 24. Espacialização do CCAV para padrão alto e para os cenários estudados.  
(Fonte: Próprio autor.)

## 5.2. Correlação dos Coeficientes com Parâmetros intervenientes

Propondo investigar as possíveis correlações entre coeficientes abordados e parâmetros pluviométricos, foram escolhidos três parâmetros diretamente relacionados às características do regime de precipitação. os quais: Desvio padrão (DP) da série diária de precipitação pluviométrica, Coeficiente de Variação (CV) da série diária de precipitação pluviométrica e o índice médio de precipitação anual.

Após o cálculo e espacialização dos coeficientes CEV, CEVE e CCAV, foram efetuadas correlações entre eles e os parâmetros intervenientes ao regime pluviométrico (precipitação anual média, DP e CV) obtidos das séries de dados de precipitação.

As correlações foram efetuadas mediante a elaboração de gráficos de dispersão dos dados, e o traçado de linhas de tendência dos tipos: linear, exponencial, logarítmica e polinomial (de grau 2).

Para todos os cenários analisados, a linha de tendência do tipo Polinomial (de grau 2) foi a que resultou em correlações mais elevadas, e por isso foi escolhida para representar as correlações.

As correlações que apresentaram maiores valores foram:

- CEV correlacionado com a precipitação anual média;
- CEVE correlacionado com a precipitação anual média.
- CCAV correlacionado com o CV;

Os gráficos de correlação são relevantes, pois permitem expandir a abrangência da aplicação dos coeficientes estudados, fora dos limites territoriais apresentados nas espacializações mostradas neste trabalho, viabilizando a utilização dos coeficientes mediante o conhecimento do parâmetro relacionado, para outras regiões que não estão no território brasileiro.

### 5.2.1. Correlação CEV x Índice anual de precipitação médio

O CEV apresentou maior correlação com índice anual de precipitação médio, e para todos os cenários analisados obteve-se coeficientes de determinação com valores acima de 0,5 (mínimo de 0,8694 e máximo de 0,9988) ou seja, existe uma forte correlação entre o CEV e o índice anual de precipitação médio. Na Tabela 4 estão apresentados os valores obtidos da correlação.

Na Figura 25 está apresentado o gráfico de dispersão para o cenário que apresentou o valor mínimo do coeficiente de determinação (padrão médio, área de captação de 120m<sup>2</sup> e volume de reservatório de 15m<sup>3</sup>) e na Figura 26, o gráfico ilustrando o cenário que resultou no valor máximo do coeficiente de determinação (padrão alto, área de captação de 100m<sup>2</sup> e volume de reservatório de 30m<sup>3</sup>).

Tabela 4. Correlação CEV x Precipitação anual média.

PADRÃO	ÁREA DE CAPTAÇÃO	Volume dos Reservatórios				
		30m <sup>3</sup>	15m <sup>3</sup>	10m <sup>3</sup>	5m <sup>3</sup>	2m <sup>3</sup>
POPULAR	60m <sup>2</sup>	0,9950	0,9857	0,9794	0,9719	0,9687
	80m <sup>2</sup>	0,9860	0,9570	0,9436	0,9388	0,9482
	100m <sup>2</sup>	0,9685	0,9129	0,8996	0,9075	0,9333
MÉDIO	80m <sup>2</sup>	0,9927	0,9834	0,9784	0,9734	0,9695
	100m <sup>2</sup>	0,9646	0,9306	0,9250	0,9330	0,9446
	120m <sup>2</sup>	0,9045	0,8694	0,8734	0,9019	0,9293
ALTO	100m <sup>2</sup>	0,9960	0,9988	0,9980	0,9959	0,9893
	200m <sup>2</sup>	0,9606	0,9515	0,9522	0,9553	0,9508
	300m <sup>2</sup>	0,8828	0,8926	0,9086	0,9298	0,9313

Fonte: Próprio autor

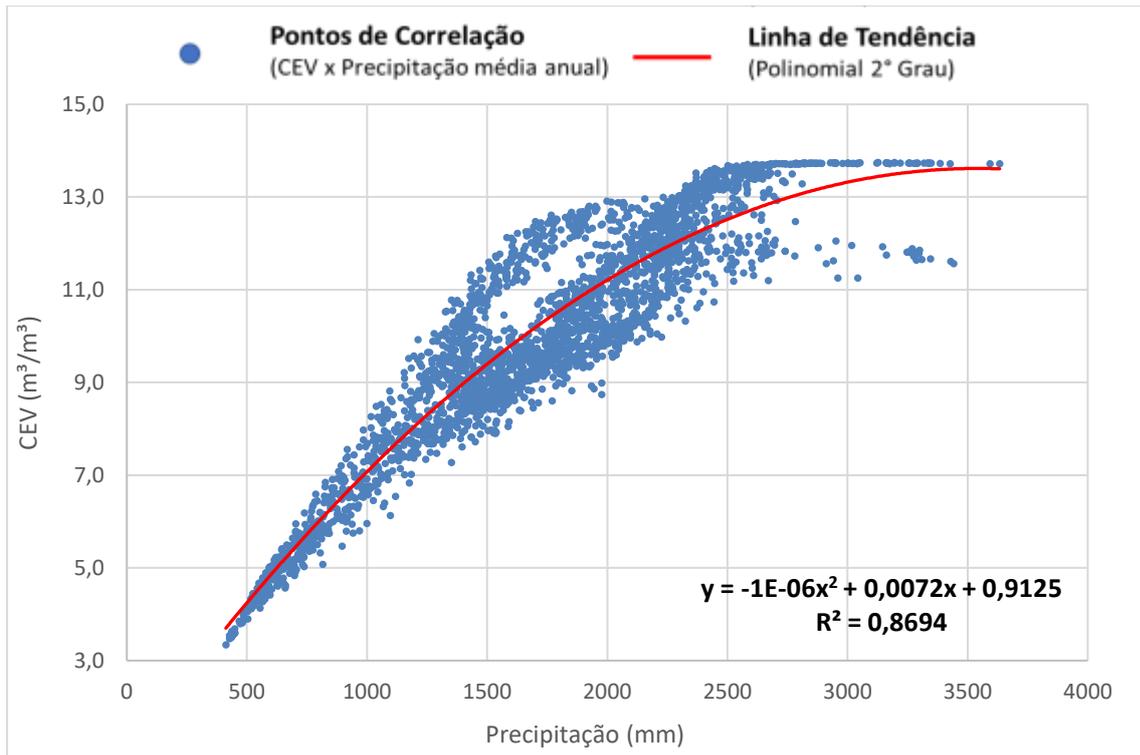


Figura 25. Gráfico de Dispersão (n=2823) - CEV x Precipitação anual média para o cenário: padrão médio, área de captação de 120m<sup>2</sup> e volume de reservatório de 15m<sup>3</sup>.  
Fonte: Próprio autor

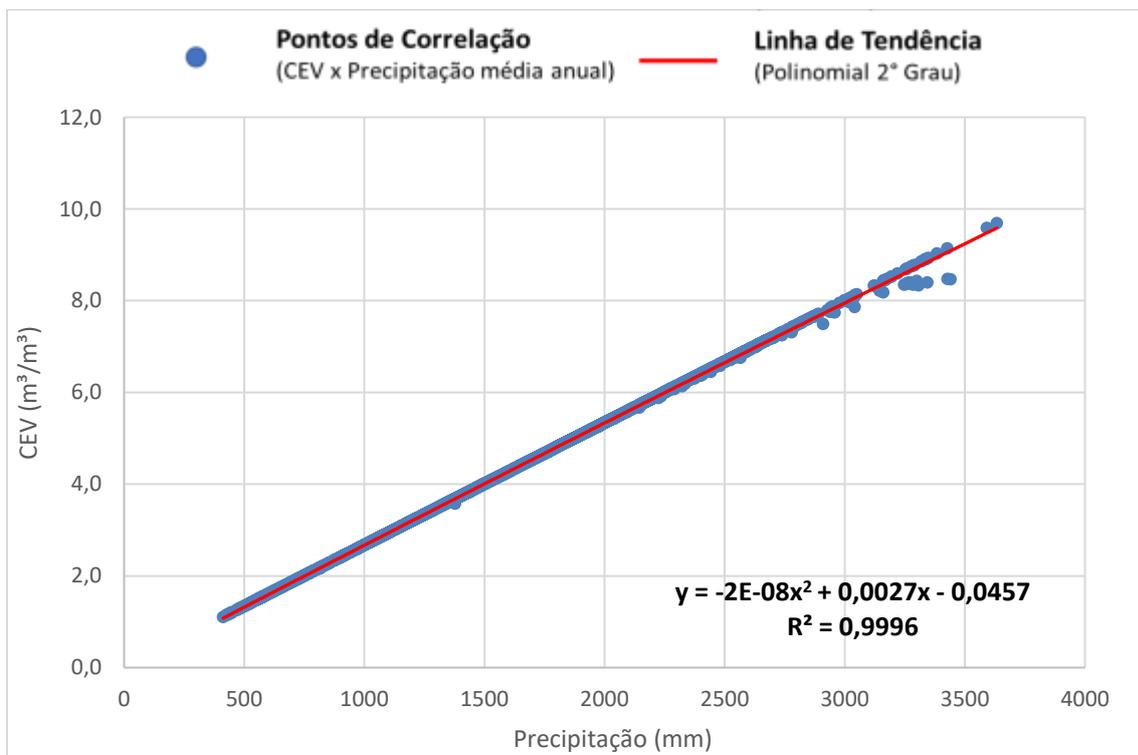


Figura 26. Gráfico de Dispersão (n=2823) - CEV x Precipitação anual média para o cenário: padrão alto, área de captação de 100m<sup>2</sup> e volume de reservatório de 30m<sup>3</sup>.  
Fonte: Próprio autor

Fica evidente o comportamento de aumento do CEV com o aumento da precipitação anual. É uma relação crescente para todos os casos analisados, pois a eficiência volumétrica está estritamente dependente da entrada de água no SCAAC, que por sua vez irá ocupar os espaços vazios do reservatório.

Percebe-se que os valores mais baixos do coeficiente de determinação apareceram em cenários com as maiores áreas de captação de cada padrão socioeconômico. E os valores maiores do coeficiente de determinação apareceram em cenários de menor área de captação.

Maiores correlações foram observadas quando adotados volumes de reservatório de 30m<sup>3</sup>, exceto para o padrão médio o cenário combinando área de 12m<sup>2</sup> e o padrão alto nos cenários de área de captação de 300m<sup>2</sup>, que obtiveram maiores coeficiente de determinação para os reservatórios de 2m<sup>3</sup>.

A partir da análise desta correlação entende-se então que a precipitação anual média tem grande influência na ocupação dos volumes dos reservatórios, ou seja, quanto maior os índices de precipitação, maiores são os volumes de entrada no SCAAC, e ocorre a ocupação dos volumes ociosos dos reservatórios, conseqüentemente maiores CEVs.

Essa estreita relação entre a eficiência e a precipitação foi relatada por Zhang *et al.* (2018), que afirmam que, geralmente, o fator limitante da performance dos SCAACs é a capacidade de armazenamento dos reservatórios. No entanto, essa condição muda quando os volumes aumentam acima de certo limite, e então o fator limitante da performance passa a estar mais relacionado a condição de precipitação local. Isso justifica a ocorrência de elevados coeficientes de correlação entre o CEV e a precipitação anual.

### 5.2.2. Correlação CEVE x Índice Anual de Precipitação médio

A correlação CEVE x Índice Anual de Precipitação médio resultou em valores acentuados, assim como o encontrado no CEV, e como já era de se esperar, indicou elevada correlação com valores de precipitação anual. Os valores dos coeficientes de determinação dos cenários analisados são apresentados na Tabela 5.

O valor mínimo resultante para o coeficiente de determinação foi de 0,0088 para o cenário: padrão alto, área de captação de 100m<sup>2</sup> e volume de reservatório de 2m<sup>3</sup>. Enquanto o valor máximo foi de 0,8789 para o cenário: padrão popular, área de captação de 100m<sup>2</sup> e volume de reservatório de 30m<sup>3</sup>. A Figura 27 e Figura 28 apresentam os gráficos de correlação para os cenários acima relatados.

Tabela 5. Correlação CEVE x Precipitação anual média.

PADRÃO	ÁREA DE CAPTAÇÃO	Volume dos Reservatórios				
		30m <sup>3</sup>	15m <sup>3</sup>	10m <sup>3</sup>	5m <sup>3</sup>	2m <sup>3</sup>
POPULAR	60m <sup>2</sup>	0,4493	0,4373	0,4386	0,3968	0,2292
	80m <sup>2</sup>	0,8568	0,6960	0,6446	0,5814	0,4431
	100m <sup>2</sup>	0,8789	0,7477	0,7032	0,6547	0,5552
MÉDIO	80m <sup>2</sup>	0,3767	0,3966	0,3911	0,3207	0,1310
	100m <sup>2</sup>	0,7904	0,6783	0,6414	0,5834	0,4094
	120m <sup>2</sup>	0,8277	0,7417	0,7104	0,6696	0,5429
ALTO	100m <sup>2</sup>	0,1640	0,1475	0,0934	0,0118	0,0088
	200m <sup>2</sup>	0,6095	0,5431	0,4939	0,3524	0,1357
	300m <sup>2</sup>	0,7288	0,6802	0,6548	0,5679	0,3422

Fonte: Próprio autor

Ao observar a Tabela 5 concluímos que não houve correlação acentuada para os cenários envolvendo as menores áreas de captação consideradas para todos os padrões socioeconômicos, pois os valores de CEVE, nestes cenários, variaram pouco, o que dificultou a correlação. Houve ausência de correlação acentuada para a maioria dos reservatórios de 2 m<sup>3</sup>, exceto em duas situações, onde houve sua combinação com as maiores áreas de captação dos padrões popular e médio.

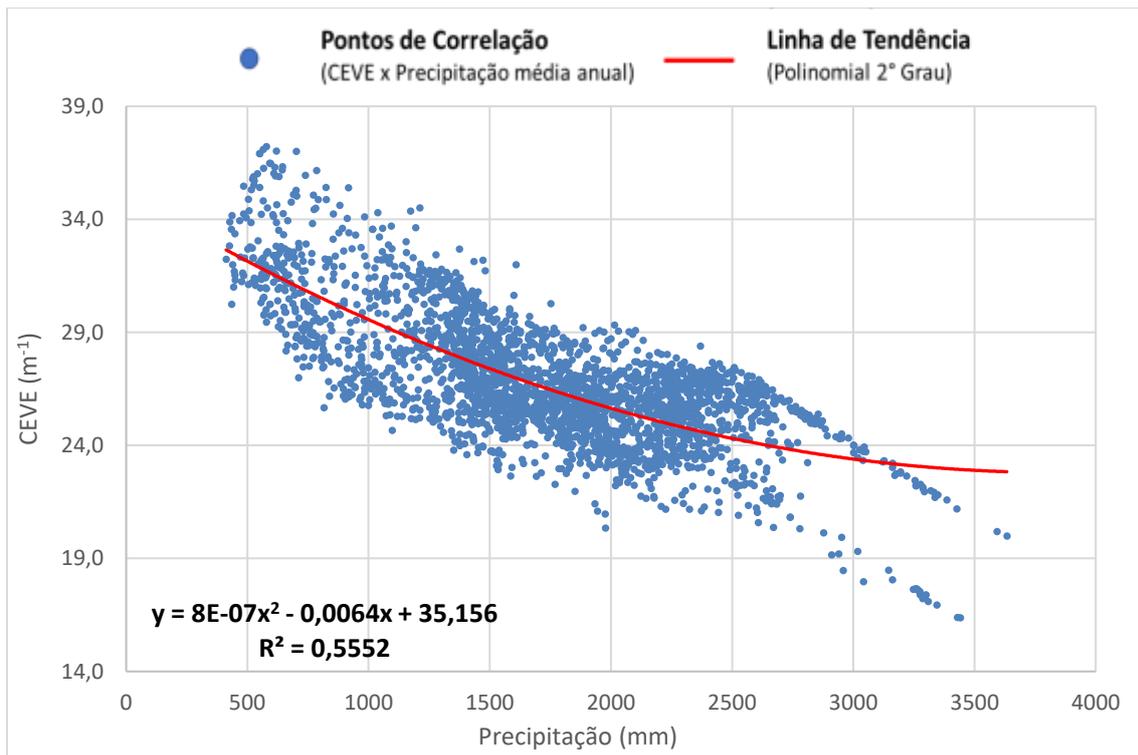


Figura 27. Gráfico de Dispersão (n=2823) - CEVE x Precipitação anual média para o cenário: padrão popular, área de captação de 100m<sup>2</sup> e volume de reservatório de 2m<sup>3</sup>.  
Fonte: Próprio autor

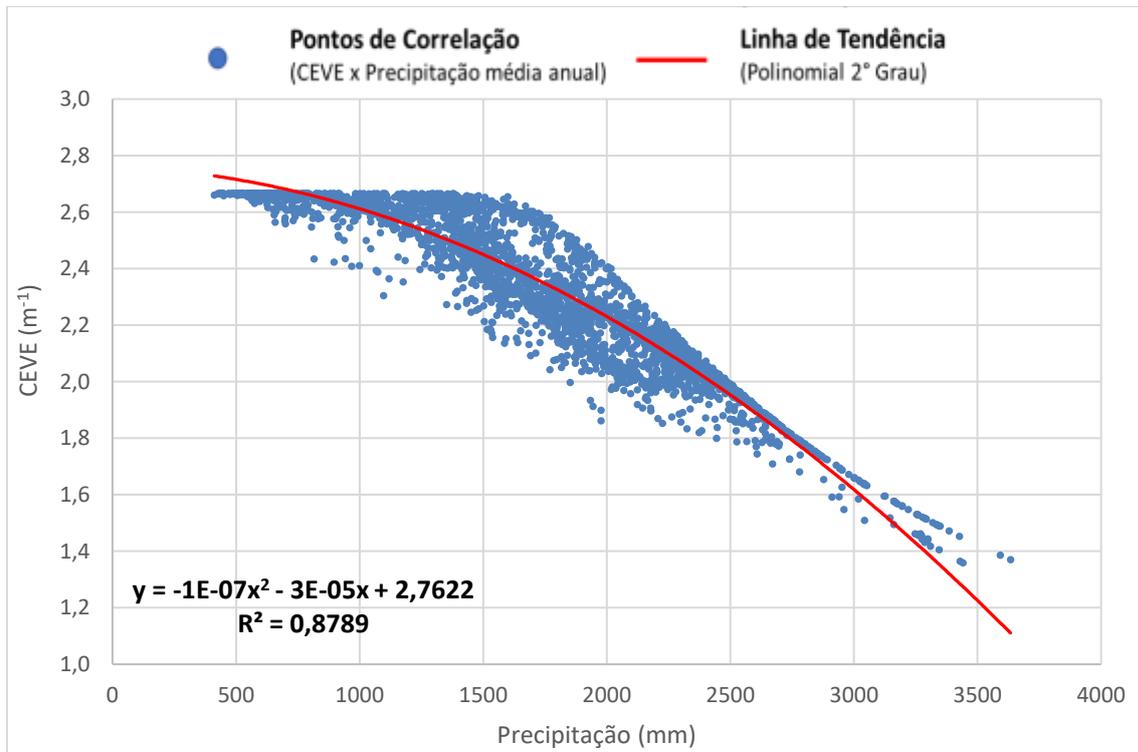


Figura 28. Gráfico de Dispersão (n=2823) - CEVE x Precipitação anual média para o cenário: padrão popular, área de captação de 100m<sup>2</sup> e volume de reservatório de 30m<sup>3</sup>.  
Fonte: Próprio autor

Em análise particular, dentro dos padrões socioeconômicos, visualiza-se que o coeficiente de determinação aumenta com o aumento da área de captação. No entanto, uma visão geral englobando os três padrões, pode-se dizer que coeficiente de determinação diminui com o com o aumento do padrão econômico e com o aumento das áreas de captação.

Quanto aos volumes de reservatório, é de fácil visualização que a correlação do CEVE com a precipitação anual é mais elevada para os reservatórios de maior volume de reservação, e decresce com a diminuição dos volumes dos reservatórios, assim como ocorreu com o CEV.

O CEVE se relaciona com a precipitação diária, de modo a atenuar o viés quantitativo das chuvas em regiões de baixa precipitação, assim sendo, se espera resultados de elevada correlação com os valores de precipitação média anual. No entanto, verificou-se uma correlação decrescente na maioria dos casos, o que demonstra a afinidade do CEVE em representar melhor a eficiência volumétrica específica para situações de menores precipitações, confirmando assim a sua idealização inicial.

### 5.2.3. Correlação CCAV X CV

Dentre os três parâmetros que foram correlacionados com o CCAV, o que apresentou melhores resultados foi o Coeficiente de Variação (CV). Os valores do coeficiente de determinação estão apresentados na Tabela 6, sendo o valor mínimo resultante para o coeficiente de determinação de 0,0019 (cenário: padrão alto, área de captação de 100m<sup>2</sup> e volume de reservatório de 10m<sup>3</sup>), enquanto o valor máximo foi de 0,5453 (cenário: padrão médio, área de captação de 120m<sup>2</sup> e volume de reservatório de 5m<sup>3</sup>).

Observa-se na Figura 29, o gráfico de dispersão CCAV x CV para o seguinte cenário: padrão alto, área de captação de 200m<sup>2</sup> e volume de reservatório de 2m<sup>3</sup>. A Figura 30 apresenta o gráfico de dispersão do cenário: padrão médio, área de captação de 120m<sup>2</sup> e volume de reservatório de 5m<sup>3</sup>. Este cenário foi o que resultou no máximo valor encontrado para o coeficiente de determinação.

Tabela 6. CCAV x CV - Valores dos Coeficientes de Determinação (R<sup>2</sup>).

PADRÃO	ÁREA DE CAPTAÇÃO	Volume dos Reservatórios				
		30m <sup>3</sup>	15m <sup>3</sup>	10m <sup>3</sup>	5m <sup>3</sup>	2m <sup>3</sup>
POPULAR	60m <sup>2</sup>	0,2217	0,2989	0,2599	0,0892	0,1879
	80m <sup>2</sup>	0,2634	0,3239	0,2633	0,2750	0,3109
	100m <sup>2</sup>	0,3132	0,3558	0,3974	0,4329	0,3856
MÉDIO	80m <sup>2</sup>	0,2485	0,2636	0,1665	0,0936	0,1816
	100m <sup>2</sup>	0,3266	0,2961	0,3061	0,3462	0,3271
	120m <sup>2</sup>	0,3866	0,4973	0,5453	0,4914	0,4109
ALTO	100m <sup>2</sup>	0,1666	0,0596	0,0019	0,0287	0,0513
	200m <sup>2</sup>	0,2805	0,1916	0,2472	0,2749	0,2417
	300m <sup>2</sup>	0,4498	0,4906	0,4598	0,4075	0,3463

Fonte: Próprio autor

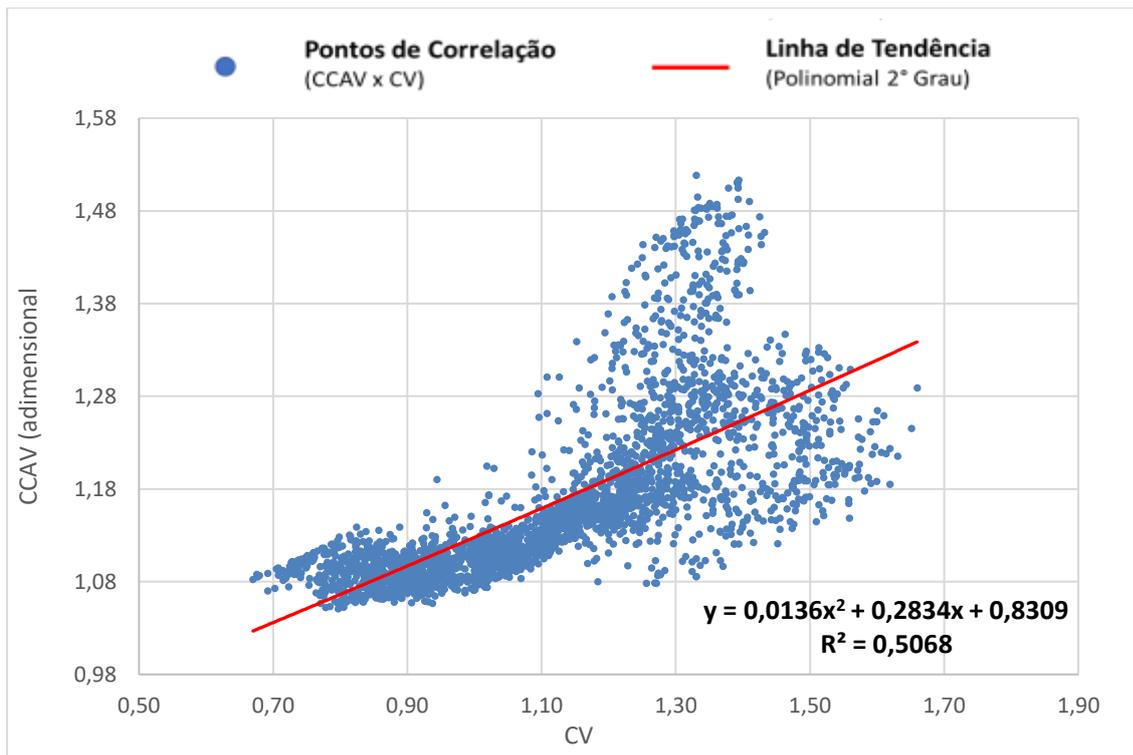


Figura 29. Gráfico de Disperção (n=2823) - CCAV x CV para o cenário: padrão alto, área de captação de 200m<sup>2</sup> e volume de reservatório de 2m<sup>3</sup>.  
 Fonte: Próprio autor

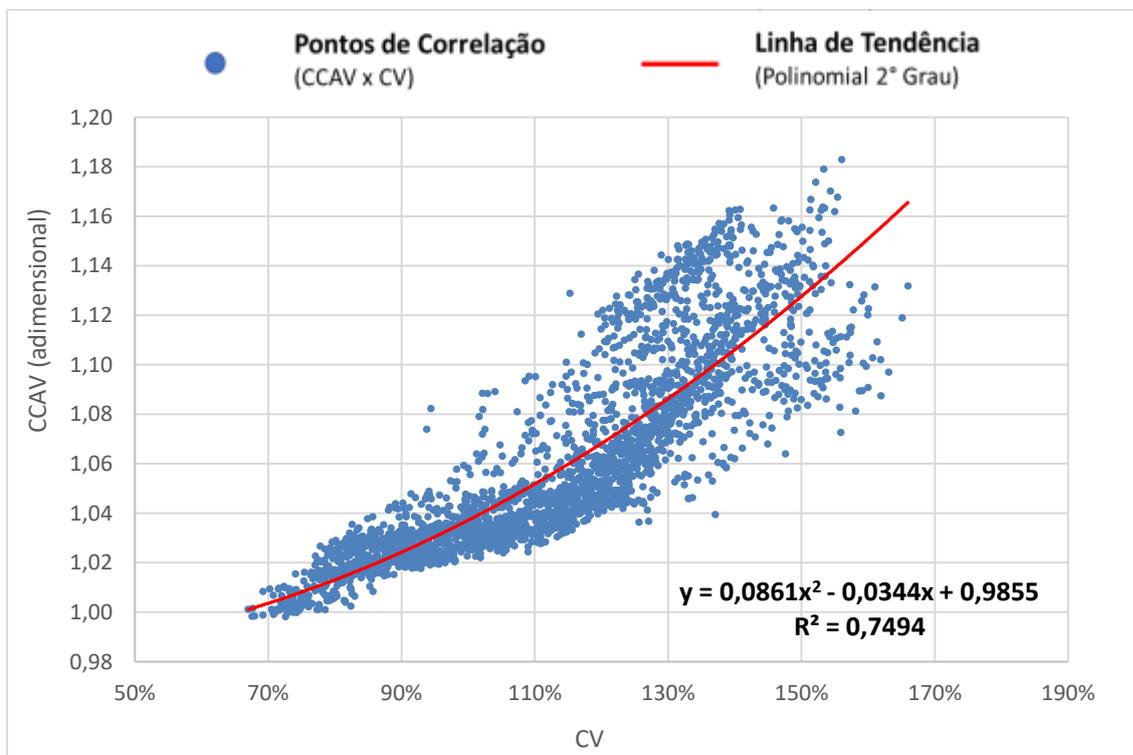


Figura 30. Gráfico de Disperção (n=2823) - CCAV x CV para o cenário: padrão médio, área de captação de 120m<sup>2</sup> e volume de reservatório de 5m<sup>3</sup>.  
 Fonte: Próprio autor

Pode-se afirmar que para os cenários que relacionavam as menores áreas de captação dos padrões, não houve correlação acentuada entre o CCAV com o CV, pois para esses cenários a variação do CCAV é muito baixa. Por outro lado, verificou-se que a maioria dos cenários contendo os reservatórios de menor volume apresentaram maiores coeficientes de determinação entre o CCAV e o CV, pois é nesses cenários que os valores de CCAV alcançam valores maiores e mais dispersos.

Constatou-se que para todos os cenários estudados o CCAV cresce com o aumento do CV, exceto nos em dois cenários (cenário padrão médio, área de captação 120m<sup>2</sup> e volume de reservatório 15m<sup>3</sup> e o cenário padrão lato, área de captação 300m<sup>2</sup> e volume de reservatório 30m<sup>3</sup>).

Como o CV representa a dispersão das precipitações em torno da média, e quanto maior o CV, maiores as chances de ocorrerem eventos de chuvas intensas e/ou secas intensas, é compreensível o comportamento do crescente do CCAV com este parâmetro. Pois quanto maior a ocorrência de eventos chuvosos intensos, maior a chance de haver extravasamentos, e assim torna-se essencial para essas localidades com elevado CV a utilização do CCAV para corrigir os volumes aproveitáveis.

## 6. CONCLUSÕES

Mediante a importância da temática do aproveitamento da água de chuva no Brasil, foram apresentados três coeficientes que tratam do volume potencialmente aproveitável de água de chuva e da eficiência dos reservatórios de armazenamento: os CEVE e CEV inéditos, e o CCAV, adaptado da literatura. Estes coeficientes surgem como ferramenta de fácil utilização (consulta) por usuários-finais, projetistas ou gestores de SCAAC, com o propósito de auxiliar na estimativa do volume de água de chuva que pode ser aproveitado em um ciclo anual, bem como na escolha do volume adequado do reservatório, considerando a eficiência como critério de escolha.

A espacialização dos coeficientes calculados reflete a variação destes no território brasileiro, e as imagens permitem fácil visualização e consulta, bem como permite compreender de forma ampla a distribuição dos coeficientes no espaço.

O CEV facilita o conhecimento, de forma precisa, do volume potencialmente aproveitável de água de chuva, mediante uma única operação de multiplicação. Este tem o potencial de auxiliar na tomada de decisão ao facilitar a identificação do volume de reservatório que armazene a água pluvial de forma mais eficiente, considerando o ciclo anual, para comparar volumes de reservatórios distintos na mesma localidade. O CEV demonstrou incremento nos seus valores com o aumento do padrão socioeconômico, decorrente do aumento de demanda e das áreas de captação, bem como foi observado a sua diminuição com o aumento do volume dos reservatórios estudados. Ou seja, o CEV indica priorizar a adoção de reservatórios de volumes menores combinado a áreas de captação maiores, em quantidades maiores de sistemas, para melhor aproveitamento da água de chuva, favorecendo tanto a viabilidade técnica quanto a viabilidade econômica do sistema. A amplitude dos valores de CEV encontrados neste trabalho demonstra que a eficiência do SCAAC pode variar bastante em território brasileiro.

Por sua vez, o CEVE teve como propósito permitir uma melhor comparação da eficiência volumétrica dos reservatórios nas localidades com regimes pluviométricos distintos, atenuando os efeitos da quantidade de chuva disponível sobre a eficiência do sistema. Sua aplicação é recomendada para comparação da eficiência, considerando o ciclo anual, de volumes de reservatório iguais para localidades distintas. O CEVE apresentou comportamento de crescimento com o aumento do padrão socioeconômico e foi mais elevado nos cenários combinados a reservatórios de menores volumes. Este coeficiente foi desenvolvido com a finalidade de se tornar uma ferramenta na tomada de decisão quanto aos

investimentos (programas governamentais) a serem destinados para SCAACs, indicando reservatórios de maior eficiência para situações de diferentes regimes pluviométricos, considerando que a água faz mais falta em regiões de baixa disponibilidade pluviométrica.

O CCAV possibilita a correção do volume aproveitável, reduzindo assim os erros na estimativa do volume aproveitado em um ciclo anual. Este coeficiente apresentou comportamento de incremento de seus valores com o aumento das áreas de captação, e maiores valores para os cenários com volumes de reservatório menores. Observou-se que para regiões que obtiveram valores de CCAV próximos de 1, como a região Norte e semiárido nordestino, é possível a utilização das médias mensais de precipitação pois não ocorrem erros de dimensionamento o que é relevante para as cisternas do semiárido de 16m<sup>3</sup>. Já os valores mais elevados ocorreram majoritariamente na região Sul, e se faz mais relevante sua aplicação para o ajuste dos volumes aproveitáveis, corrigindo a estimativa do volume aproveitável para uma precisão de base diária.

Correlações entre CEV, CEVE e CCAV foram feitas com os parâmetros: índice anual de precipitação médio, desvio padrão e coeficiente de variação, de modo a viabilizar a aplicação desses coeficientes em outras localidades além do território brasileiro. As correlações mais elevadas ocorreram para as interações CEV x Precipitação anual média, CEVE x Precipitação anual média e CCAV x CV.

A correlação do CEV com a precipitação anual média foi bastante acentuada para todos os cenários citados. Ocorreram valores de coeficiente de determinação elevados para cenários com os maiores volumes de reservatório e menores áreas de captação. Logo, percebe-se que estas duas variáveis são fatores relevantes para eficiência volumétrica.

Elevados também foram os valores do coeficiente de determinação existentes entre o CEVE e a precipitação anual média para grande parte dos cenários observados. Assim como para o CEV, esta correlação apresentou valores elevados para cenários com os maiores volumes de reservatórios.

A correlação do CCAV com o CV apontou correlação crescente para maioria dos cenários estudados, permitindo concluir que quanto maiores as chances de ocorrerem eventos de chuvas intensas e/ou estiagens intensas, maiores as chances de ocorrerem extravasamentos e erros de dimensionamento ao se utilizar das médias mensais, sendo essencial a correção destas pela aplicação do CCAV.

A espacialização dos coeficientes estudados para todo o Brasil, sendo dois deles inéditos, mostrou grande potencial de utilização como ferramenta para subsidiar a tomada de decisão acerca do volume do reservatório, de forma a aumentar a tendência de viabilidade

econômica e proporcionar acesso ao recurso hídrico de forma alternativa ao abastecimento convencional.

Para trabalhos futuros, sugere-se a modelagem dos coeficientes em função de parâmetros pluviométricos, de forma a buscar alcançar maior aplicação dos coeficientes aqui propostos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMOS, C.C.; RAHMAN, A.; GATHENYA, J.M. Economic Analysis and Feasibility of Rainwater Harvesting Systems in Urban and Peri-Urban Environments: A Review of the Global Situation with a Special Focus on Australia and Kenya. **Water**, v. 8, p.149, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/w8040149>

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo Comparativo dos Métodos de Dimensionamento para Reservatórios Utilizados em Aproveitamento de Água Pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212011000400005>

ANA, Agência Nacional de Águas. Atlas Geográfico Digital de Recursos Hídricos do Brasil – Pluviometria. 2021. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/0d648c38-b2c6-4660-940b-ae9fd689f04e/attachments/3-II.pdf> Acesso em: 06 de Janeiro de 2022.

ARAÚJO, J., COHIM, E. The interference of rainfall distribution in size of rain water tanks in Bahia. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*, v. 3, p. 4., 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.5935/2447-0228.20170050>

ASA. Articulação no Semiárido Brasileiro. 2018. Disponível em: <http://asabrazil.org.br/mapatecnologias/>. Acesso em: 26 agosto de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva: aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 8 p., 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos. Rio de Janeiro, 10 p., 2019a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16783**: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro, 19 p., 2019b.

ATHAYDE JÚNIOR, G.B.; DIAS, I.C.S.; GADELHA, C.L.M. Viabilidade econômica e aceitação social do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, 85-98. 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5360/3285>.

BEZERRA, S. M. C.; CHRISTAN, P.; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKHS, K.; Dimensionamento de Reservatório para Aproveitamento de Água de Chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, p. 219-231, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212010000400015>

BRASIL. Água para Todos, 2019. Disponível em: < <https://www.mdr.gov.br/contato/317-secretaria-nacional-de-programas-urbanos/agua-para-todos/6076-agua-para-todos> >. Acesso em: 26 ago. 2020.

CAMPISANO, A., BUTLER, D., WARD, S., BURNS, M.J., FRIEDLER, E., DEBUSK, K., FISHER-JEFFES, L.N., GHISI, E., RAHMAN, A., FURUMAI, H., HAN, M., Urban rainwater harvesting systems: research, implementation and future perspectives. **Water Research**, v.115, p. 195–209, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.040>

CAMPISANO, A.; MODICA, C. (2012) Optimal sizing of storage tanks for domestic Rainwater harvesting in Sicily. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 63, p. 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.03.007>

CHAIB, E. B.; RODRIGUES, F. C.; MAIA, B. H.; NASCIMENTO, N. O. Avaliação do potencial de redução do consumo de água potável por meio da implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações unifamiliares. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20 n. 3, p. 605-614, 2015.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Atlas Pluviométrico do Brasil, 2013. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique//Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html> Acesso em: 06 de Janeiro de 2022.

DA SILVA, C. S., ATHAYDE JÚNIOR, G. B., Confiabilidade volumétrica de reservatórios de acumulação de água de chuva dimensionados com séries históricas mensais. **Revista AIDIS**, V. 13, nº2, p.309-319, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.2.65598>

DIAS, I. C. S. **Estudo da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2007.

FARAGO, M.; BRUDLER, S.; GODSKESEN, B.; RYGAARD, M.; An eco-efficiency evaluation of community-scale rainwater and stormwater harvesting in Aarhus, Denmark. **Journal of Cleaner Production**, v. 219, 2019.

FARRENY, R.; GABARRELL, X.; RIERADEVALL, J. Cost-efficiency of rainwater harvesting strategies in dense Mediterranean neighborhoods. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 55, p. 686-694. 2011a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.01.008>

FARRENY, R.; MORALES-PINZÓN, T.; GUIASOLA, A.; TAYÀ, C.; RIERADEVALL, J.; GABARRELL, X.; Roof selection for rainwater harvesting: Quantity and quality assessments in Spain. **Water Research**, v. 45, n. 10, p. 3245-3254, 2011b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.03.036>.

FARTO, D. D., DA SILVA, T. C., Avaliação comparativa da qualidade de água de chuva e oriunda de açudes armazenadas em cisternas no semiárido do estado da Paraíba. **Revista DAE**, v. 68, n 223, p. 112-123, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2020.033>

FERRAZ, E. K. V. Relação entre o Coeficiente de Eficiência Volumétrica e indicadores de viabilidade econômica em sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações residenciais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2022.

FERREIRA, M.; Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento. São. Paulo: Editora Unesp: 2014, 344p.

GERALDI, M. S.; GHISI, E.; Short-term instead of long-term rainfall time series in rainwater harvesting simulation in houses: An assessment using Bayesian Network. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 144, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.017>

GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, v. 41, p. 1544–1550, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.03.018>

GHISI, E., BRESSAN, D.L., MARTINI, M. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, p. 1654–1666, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.02.007>

GNADLINGER, J. Rumo a um padrão elevado de qualidade de água de chuva coletada em cisternas no semiárido brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007. Belo Horizonte, MG. Anais. Belo Horizonte: ABCMAC, 2007.

HASHIMOTO, T.; LOUCKS, D. P.; STEDINGER, J. R.; Reliability, resiliency, robustness, and vulnerability criteria for water resource systems. **Water Resources Research**, v. 18, n. 1, 1982.

IBGE, 2022. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População estimada, Janeiro/2022. <https://www.ibge.gov.br/> (Acesso em 15 de fevereiro 2022)

IMTEAZ, M. A., SHANABLEH, A.; RAHMAN, A.; AHSAN, A. Optimisation of rainwater tank design from large roofs: A case study in Melbourne, Australia. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 11, p. 1022-1029, 2011a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.05.013>

IMTEAZ, M. A.; AHSAN, A.; NASER, J.; RAHMAN, A.; Reliability analysis of rainwater tanks in Melbourne using daily water balance model. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 56, 2011b. DOI: [doi:10.1016/j.resconrec.2011.09.008](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.09.008)

IMTEAZ, M. A.; RAHMAN, A.; AHSAN, A.; Reliability analysis of rainwater tanks: A comparison between South-East and Central Melbourne. **Resources, Conservation and Recycling**, v.66, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.05.009>

JAQUES, R. C.; RIBEIRO, L. F.; LAPOLLI, F. R.; Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Fortaleza, 2006.

JING, X.; ZHANG, S.; ZHANG, J.; WANG, Y.; WANG, Y.; Assessing efficiency and economic viability of rainwater harvesting systems for meeting non-potable water demands in four climatic zones of China. **Resources, Conservation and Recycling**, v.126, p. 74-85, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.027>

KHAN, S. T.; BAKSH, A. A.; PAPON, T. I.; ALI, M. A.; Rainwater Harvesting System: An Approach for Optimum Tank Size Design and Assessment of Efficiency. **International Journal of Environmental Science and Development**, v. 8, n. 1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18178/ijesd.2017.8.1.917>

KHAN, M. S.; IMTEAZ, M. A. The development of a generalised equation for the annual water savings through rainwater tanks under different climatic conditions for southwest Brisbane (Australia). In: 4th International Conference on Engineering Sciences (ICES 2020), 2020. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1067/1/012042>

KARIM, M.R., BASHAR, M.Z.I., IMTEAZ, M.A. Reliability and economic analysis of urban rainwater harvesting in a megacity in Bangladesh. **Resources, Conservation and Recycling**, v.104, p. 61–67, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.09.010>

KHASTAGIR, A.; JAYASURIYA, N.; Optimal use of Rainwater Tanks to Minimize Residential Water Consumption. **Journal of Hydrology**, v. 381, p. 3769-3784, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100033>

LACERDA, N. M. S. ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; Confiabilidade volumétrica de reservatórios para armazenamento de água de chuva em municípios brasileiros. In: VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Porto Alegre – RS, 2015.

LIAW, C.H; CHIANG, Y.C.; Dimensionless Analysis for Designing Domestic Rainwater Harvesting Systems at the Regional Level in Northern Taiwan. **Water**, v.12, n. 6, p. 3913-3933, 2014. DOI <https://doi.org/10.3390/w6123913>

MONIRUZZAMAN, M., IMTEAZ, M. A.; Generalized equations, climatic and spatial variabilities of potential rainwater savings: a case study for Sydney. **Resources, Conservation & Recycling**. v. 125, p. 139–156, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.06.001>

MORALES-PINZÓN, T.; RIERADEVALL, J.; GASOL, C.M.; GABARRELL, X. Modelling for economic cost and environmental analysis of rainwater harvesting systems. **Journal of Cleaner Production**. v. 87, n. 15, p. 613-626. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.021>

MUKLADA, H., GILBOA, Y.; FRIEDLER, E.; STOCHASTIC modelling of the hydraulic performance of an onsite rainwater harvesting system in Mediterranean climate. **Water Science & Technology**, v. 16, n. 6, 2016. DOI: <https://doi.org/10.2166/ws.2016.082>

MUSAYEV, S.; BURGESS, E.; MELLOR, J.; A global performance assessment of rainwater harvesting under climate change. **Resources, Conservation and Recycling**, v.132, p. 62-70, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.023>

NOTARO, V.; LIUZZO, L.; FRENI, G.; A Reliability Analysis of a Rainfall Harvesting System in Southern Italy. **Procedia Engineering**, v. 162, p. 373 – 380, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.077>

PAVOLOVÁ, H.; BAKALÁR, T.; KUDELAS, D.; PUŠKÁROVÁ, P.; Environmental and economic assessment of rainwater application in household. **Journal of Cleaner**

**Production**, v. 209, p. 1119-1125, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.308>

PINHEIRO, A.; VALLE, J. A. B.; TORDO, O.C. Efeito da abstração inicial no aproveitamento da água de chuva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Campo Grande, 2005.

QGIS. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project (2016). Disponível em < <http://qgis.org> >

RIBEIRO, A. K. M.; MARINOSKI, D. L.; Estudo sobre materiais para coberturas utilizadas em sistemas de aproveitamento de água pluvial residenciais. *Mix Sustentável*, v.6, n.2 , p.53-66, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n2.53-66>

SALES, E. T.; Relação entre o coeficiente de extravasamento em Reservatórios domiciliares para armazenamento de água de chuva e parâmetros pluviométricos em municípios brasileiros. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal da Paraíba – UFPB. 2016.

SALLA, M. R., LOPES, G. B., PEREIRA, C. E., MOURA NETO, J. C., PINHEIRO, A. M. Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade. **Ambiente Construído**, v.13, nº2, p. 167-181, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212013000200013>

SANTOS, C.; TAVEIRA-PINTO, F.; Analysis of different criteria to size rainwater storage tanks using detailed methods. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 71, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.11.004>

SEMAAN, M.; DAY, S. D.; GARVIN, M.; RAMAKRISHNAN, N.; PEARCE, A.; Optimal sizing of rainwater harvesting systems for domestic water usages: A systematic literature review. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 6, p. 12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100033>

SEVERIS, R. M., SILVA, S. A., WAHRLICH, J., SKORONSKI, E., SIMIONI, F. J., Economic analysis and risk-based assessment of the financial losses of domestic rainwater harvesting systems. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 146, p. 206-217, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.040>

SILVA, T. A.; FERREIRA, J.; CALIJURI, M. L.; DOS SANTOS, V.J.; ALVES, S. C.; CASTRO, J. S.; Efficiency of technologies to live with drought in agricultural development in Brazil's semi-arid regions. **Journal of Arid Environments**, v. 192, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104538>

SILVA, M. M. M. A.; MAIA, A. G.; Equation for rainwater tank efficiency: Considering demand, roof area, tank size and pluvial regime. **Environmental Challenges**, v. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100044>

SOUSA, A. B.; ANDRADE NETO, C. O.; MAIA, A. G. Análise dos métodos de dimensionamento de cisternas com base na avaliação de volumes calculados para zonas pluviais homogêneas distintas. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 5, n. 2, p. 147-160, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.9771/gesta.v5i2.21599>

STEFFEN, J., JENSEN, M., POMEROY, C.A., BURIAN, S.J. Water supply and stormwater management benefits of residential rainwater harvesting in U.S. Cities. **Journal of the American Water Resources Association**. v. 49, nº 4, p.804-824, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1111/jawr.12038>

RIBEIRO, A. K. M.; MARINOSKI, D. L.; Estudo sobre Materiais para Coberturas Utilizadas em Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial Residenciais. **MIX Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 53-66, 2020. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n2.53-66>.

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. Comparação de Métodos Para Dimensionamento de Reservatórios de Água Pluvial. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 47-64, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212011000400005>

TESTON, A., GERALDI, M.S., COLASIO, B.M., GHISI, E. Rainwater harvesting in buildings in Brazil: a literature review. **Water**, v.10, p.1–25, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/w10040471>

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

VACCARI, K. P.; REBOUÇAS, T. C.; BOLSONI, P.; BASTOS, F.; GONÇALVES, R. F. Caracterização da água de chuva para o seu aproveitamento em edificações como fonte alternativa de água para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande, 2005.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644-2659, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.4518>

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. An update of Xavier, King and Scanlon (2016) daily precipitation gridded data set for the Brazil. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Santos, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr/papers/an-update-of-xavier--king-and-scanlon--2016--daily-precipitation-gridded-data-set-for-the-brazil>\_Acesso em: 02 de dezembro de 2019.

ZHANG,S.; JING, X.; YUE, T.; WANG, J.; Performance assessment of rainwater harvesting systems: Influence of operating algorithm, length and temporal scale of rainfall time series. **Journal of Cleaner Production**, v. 253, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120044>

## **Apêndice A**

Exemplos de aplicação dos Coeficientes:

- **Exemplo 1 - Aplicação do CEV** – Para estimar volume aproveitado anualmente;
- **Exemplo 2 - Aplicação do CEV** – Como possibilidade de utilizar recursos;
- **Exemplo 3 - Aplicação do CEVE** - Como possibilidade de utilizar recursos (regiões secas)
- **Exemplo 4 - Aplicação do CCAV** - Para estimar do volume aproveitado anualmente com dados mensais;

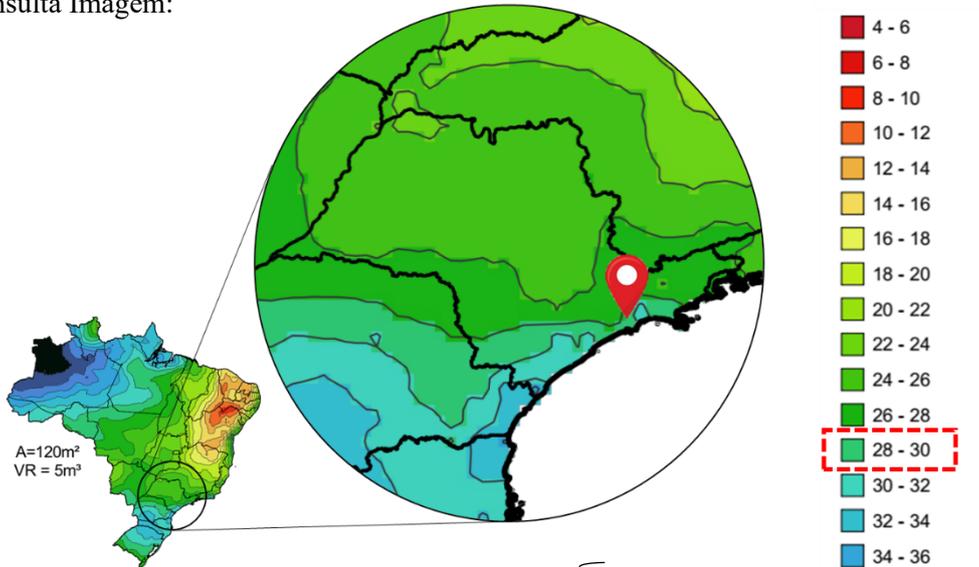
### Exemplo 1 – Aplicação CEV

Para estimar o volume aproveitado anualmente para os reservatórios de 5m<sup>3</sup> e 15m<sup>3</sup>.

#### Cenário 1:

Localidade: São Paulo (SP) - Padrão Médio - Ac = 120m<sup>2</sup> - VR=5m<sup>3</sup>

Consulta Imagem:



Verifica-se para este cenário o **CEV = 29m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>**.

Consegue-se aproveitar anualmente:

$$V_{AP} = VR \times CEV$$

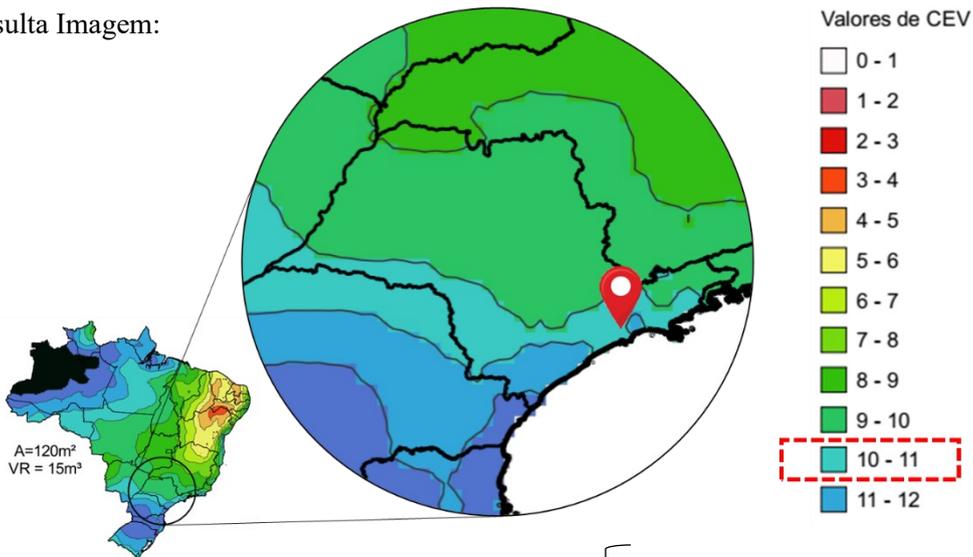
$$V_{AP} = 5 \times 29$$

$$V_{AP} = 145m^3$$

#### Cenário 2:

Localidade: São Paulo (SP) - Padrão Médio - Ac = 120m<sup>2</sup> - VR=15m<sup>3</sup>

Consulta Imagem:



Verifica-se para este cenário o **CEV = 10,5m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>**.

Consegue-se aproveitar anualmente:

$$V_{AP} = VR \times CEV$$

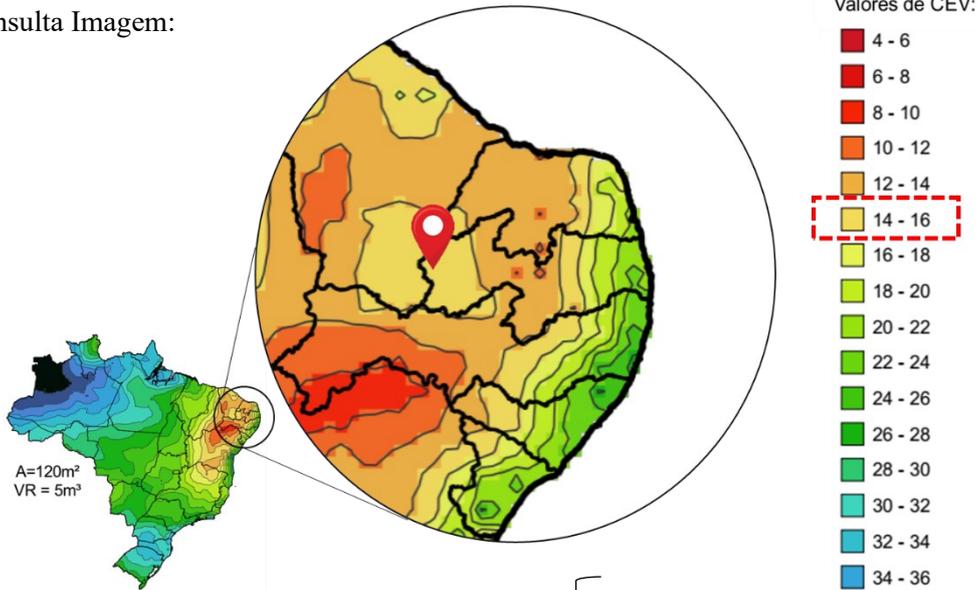
$$V_{AP} = 15 \times 10,5$$

$$V_{AP} = 157,5m^3$$

O reservatório de 5m<sup>3</sup> aproveita 92% do volume aproveitado por um reservatório de 15m<sup>3</sup>.  
Indicado para comparação entre volumes distintos na mesma localidade.

**Cenário 3:**  
**Localidade: Cajazeiras (PB) - Padrão Médio - Ac = 120m<sup>2</sup> - VR=5m<sup>3</sup>**

Consulta Imagem:



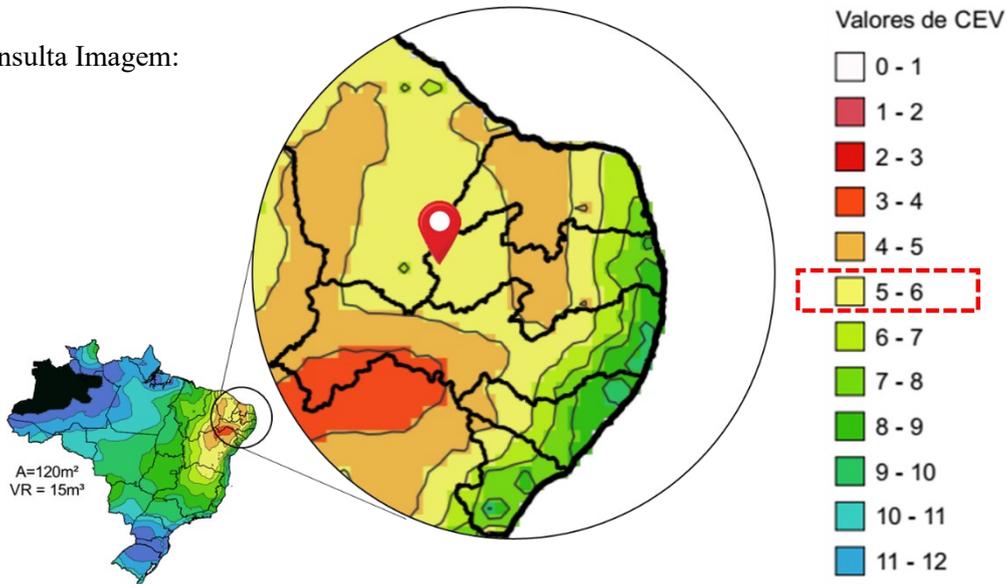
Verifica-se para este cenário o **CEV = 15m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>**.

Consegue-se aproveitar anualmente:

$$\begin{aligned} V_{AP} &= VR \times CEV \\ V_{AP} &= 5 \times 15 \\ V_{AP} &= 75m^3 \end{aligned}$$

**Cenário 4:**  
**Localidade: Cajazeiras (PB) - Padrão Médio - Ac = 120m<sup>2</sup> - VR=15m<sup>3</sup>**

Consulta Imagem:



Verifica-se para este cenário o **CEV = 5,5m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>**.

Consegue-se aproveitar anualmente:

$$\begin{aligned} V_{AP} &= VR \times CEV \\ V_{AP} &= 15 \times 5,5 \\ V_{AP} &= 82,5m^3 \end{aligned}$$

O reservatório de 5m<sup>3</sup> aproveita 90% do volume aproveitado por um reservatório de 15m<sup>3</sup>.  
 Indicado para comparação entre volumes distintos na mesma localidade.

**Foi possível verificar que volumes de reservatório menores (baixo custo) têm capacidade de aproveitar um grande percentual do volume de água da chuva volumes maiores (mais onerosos) aproveitariam.**

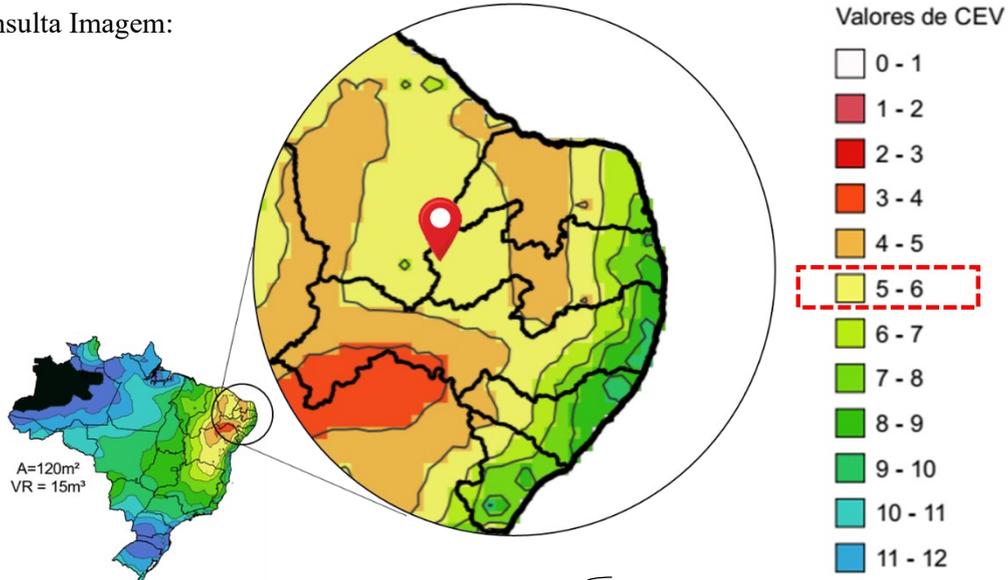
## Exemplo 2 – Aplicação CEV

Estimativa do volume aproveitado anualmente em uma localidade seca e outra chuvosa, para os reservatórios de 15m<sup>3</sup>.

### Cenário 1:

Localidade: Cajazeiras (PB) - Padrão Médio - Ac = 120m<sup>2</sup> - VR=15m<sup>3</sup>

Consulta Imagem:



Verifica-se para este cenário o CEV = 5,5m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

Consegue-se aproveitar anualmente:

$$V_{AP} = VR \times CEV$$

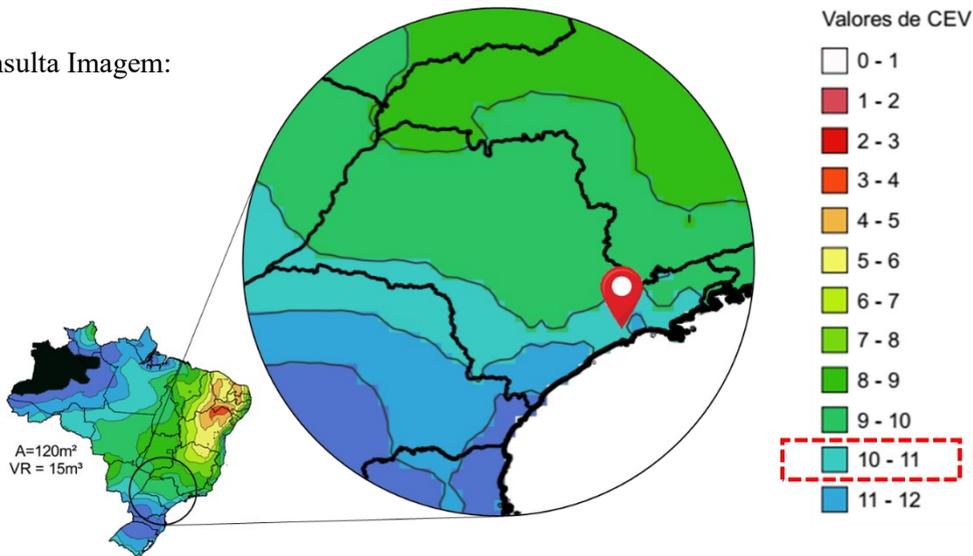
$$V_{AP} = 15 \times 5,5$$

$$V_{AP} = 82,5m^3$$

### Cenário 2:

Localidade: São Paulo (SP) - Padrão Médio - Ac = 120m<sup>2</sup> - VR=15m<sup>3</sup>

Consulta Imagem:



Verifica-se para este cenário o CEV = 10,5m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

Consegue-se aproveitar anualmente:

$$V_{AP} = VR \times CEV$$

$$V_{AP} = 15 \times 10,5$$

$$V_{AP} = 157,5m^3$$

Não é adequado para comparar a eficiência entre reservatórios de mesmo volume, em localidades distintas pois sofre influência da precipitação.

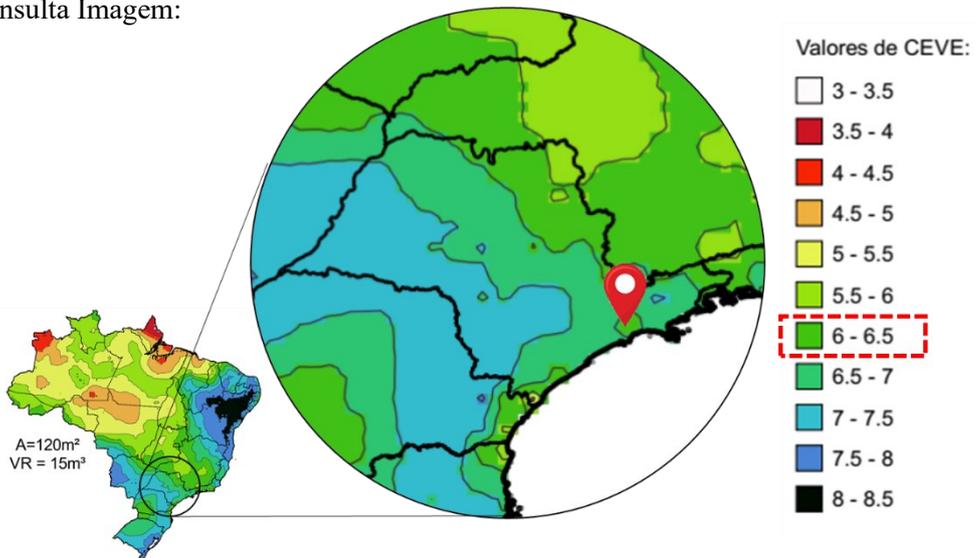
### Exemplo 3 – Aplicação CEVE

#### Identificar CEVE para reservatórios de 15m<sup>3</sup> em diversas localidades

##### Cenário 1:

Localidade: São Paulo (SP) - Padrão Médio - Ac = 120m<sup>2</sup> - VR=15m<sup>3</sup>

Consulta Imagem:

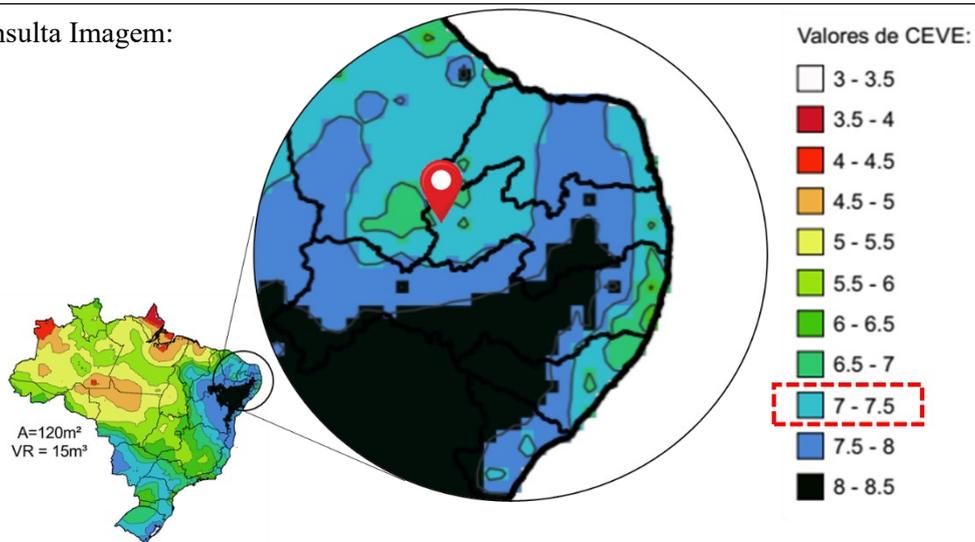


Verifica-se para este cenário o CEVE = 6,25 m<sup>-1</sup>

##### Cenário 2:

Localidade: Cajazeiras (PB) - Padrão Médio - Ac = 120m<sup>2</sup> - VR=15m<sup>3</sup>

Consulta Imagem:

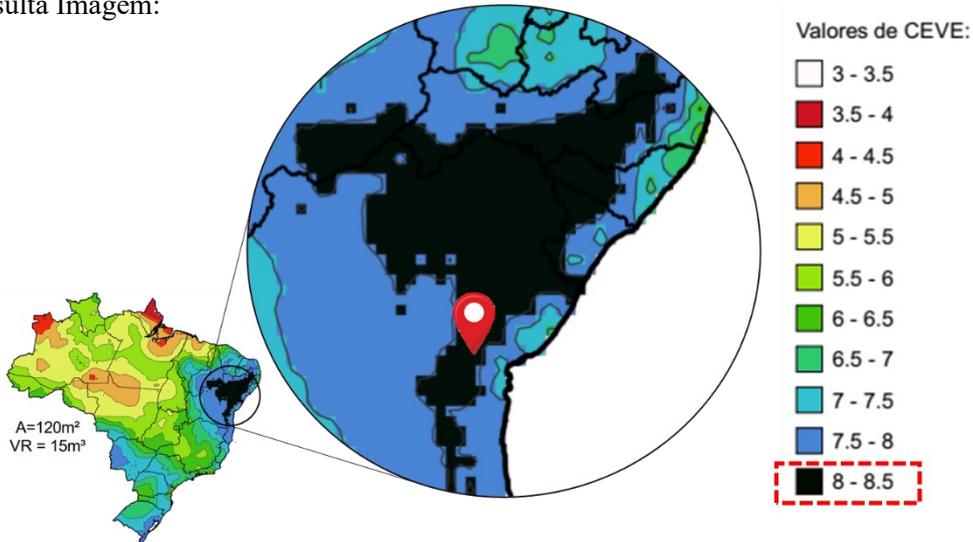


Verifica-se para este cenário o CEVE = 7,25 m<sup>-1</sup>

**Cenário 3:**

**Localidade: Feira de Santana (BA) - Padrão Médio -  $A_c = 120m^2$  -  $VR=15m^3$**

Consulta Imagem:



Verifica-se para este cenário o **CEVE = 8,25 m<sup>-1</sup>**

O menor valor de CEVE foi verificado em São Paulo, cidade com maior índice de precipitação anual (1403 mm/ano), quando comparamos com Cajazeiras e Feira de Santana, ambas cidades apresentam precipitações anuais baixas, sendo 806 mm/ano e 542mm/ano respectivamente.

O CEVE de Feira de Santana para o cenário observado foi maior do que o verificado para Cajazeiras, indicando maior eficiência volumétrica específica.

Indicado para comparação entre volumes distintos na mesma localidade.

**É possível utilizar o CEVE como ferramenta para priorizar recursos em áreas onde a água é mais necessária (regiões secas). Pode ser utilizado como critério de decisão.**

#### Exemplo 4 – Aplicação CCAV

Pretende-se verificar qual o volume médio aproveitável anualmente de água de chuva é captado e armazenado para os reservatórios de 5m<sup>3</sup> e 15m<sup>3</sup>.

Com os dados da precipitação mensal calcula-se o quantitativo de água que entra no SCAAC (Entrada) e subtraindo dessa quantidade referente a Demanda, obtém-se o Saldo de água de chuva que passível de ser armazenado ao mês, e o Saldo Acumulado o volume acumulado que pode ser armazenado no ano.

Cenário 1:								
Localidade: São Paulo (SP) - Padrão Médio - Ac = 120m <sup>2</sup> - VR=5m <sup>3</sup>								
Meses	Precip. mensal (mm)	Entrada (m <sup>3</sup> )	Demanda (m <sup>3</sup> /mês)	Saldo (m <sup>3</sup> )	Saldo Acumulado (m <sup>3</sup> )	VR = 5m <sup>3</sup>		
						Volume Armazenado	Volume Extravasado	
Janeiro	253,1	24,3	16,8	7,5	7,5	5,0	2,5	
Fevereiro	182,3	17,5	16,8	0,7	8,1	5,0	0,7	
Março	153,8	14,8	16,8	-2,1	6,0	2,9	0,0	
Abril	72,2	6,9	16,8	-9,9	0,0	0,0	0,0	
Maio	72,5	7,0	16,8	-9,9	0,0	0,0	0,0	
Junho	62,5	6,0	16,8	-10,8	0,0	0,0	0,0	
Julho	44,8	4,3	16,8	-12,5	0,0	0,0	0,0	
Agosto	31,9	3,1	16,8	-13,8	0,0	0,0	0,0	
Setembro	72,6	7,0	16,8	-9,9	0,0	0,0	0,0	
Outubro	110,7	10,6	16,8	-6,2	0,0	0,0	0,0	
Novembro	140,1	13,5	16,8	-3,4	0,0	0,0	0,0	
Dezembro	206,5	19,8	16,8	3,0	3,0	3,0	0,0	
<b>Total</b>	1403,0	134,7	202,1	11,2		<b>Total</b>	15,9	3,2

O Volume Aproveitável anual calculado em base de precipitações mensais ( $V_{AM}$ ) é o resultado da Entrada anual (somatório), subtraindo o Volume Extravasado ( $V_{EXT}$ ) pelo reservatório de 5m<sup>3</sup>:

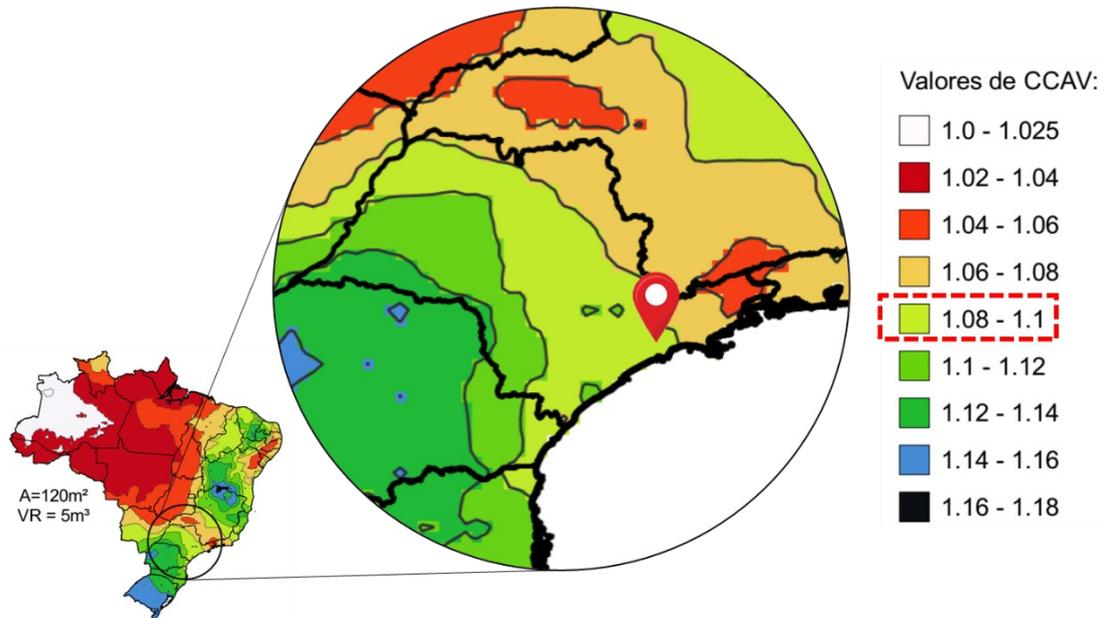
$$V_{AM} = \sum \text{Entrada} - V_{EXT}$$

$$V_{AM} = 134,7 - 3,2$$

$$V_{AM} = 131,5\text{m}^3$$

No entanto para corrigir esse valor para uma situação mais realística, ou seja, como se o volume aproveitável fosse calculado em base diária ( $V_{AD}$ ) aplica-se o CCAV (obtido a partir da observação da imagem para o cenário estudado presente no apêndice B).

Consulta do CCAV pela observação da imagem:



Verifica-se para este cenário o CCAV = 1,09. Aplicando o CCAV têm-se:

$$V_{AD} = V_{AM} / CCAV$$

$$V_{AD} = 131,5 / 1,09$$

$$V_{AD} = 120,6m^3$$

Cenário 2:								
Localidade: São Paulo (SP) - Padrão Médio - Ac = 120m <sup>2</sup> - VR=15m <sup>3</sup>								
Meses	Precip. mensal	Entrada	Demanda	Saldo	Saldo Acumulado	VR = 15m <sup>3</sup>		
	(mm)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /mês)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	Volume Armazenado	Volume Extravasado	
Janeiro	253,1	24,3	16,8	7,5	7,5	7,5	0,0	
Fevereiro	182,3	17,5	16,8	0,7	8,1	8,1	0,0	
Março	153,8	14,8	16,8	-2,1	6,0	6,0	0,0	
Abril	72,2	6,9	16,8	-9,9	0,0	0,0	0,0	
Mai	72,5	7,0	16,8	-9,9	0,0	0,0	0,0	
Junho	62,5	6,0	16,8	-10,8	0,0	0,0	0,0	
Julho	44,8	4,3	16,8	-12,5	0,0	0,0	0,0	
Agosto	31,9	3,1	16,8	-13,8	0,0	0,0	0,0	
Setembro	72,6	7,0	16,8	-9,9	0,0	0,0	0,0	
Outubro	110,7	10,6	16,8	-6,2	0,0	0,0	0,0	
Novembro	140,1	13,5	16,8	-3,4	0,0	0,0	0,0	
Dezembro	206,5	19,8	16,8	3,0	3,0	3,0	0,0	
<b>Total</b>	1403,0	134,7	202,1	11,2		<b>Total</b>	24,6	0,0

O Volume Aproveitável anual calculado em base de precipitações mensais ( $V_{AM}$ ) é o resultado da Entrada anual (somatório), subtraindo o Volume Extravasado ( $V_{EXT}$ ) pelo reservatório de  $15m^3$ :

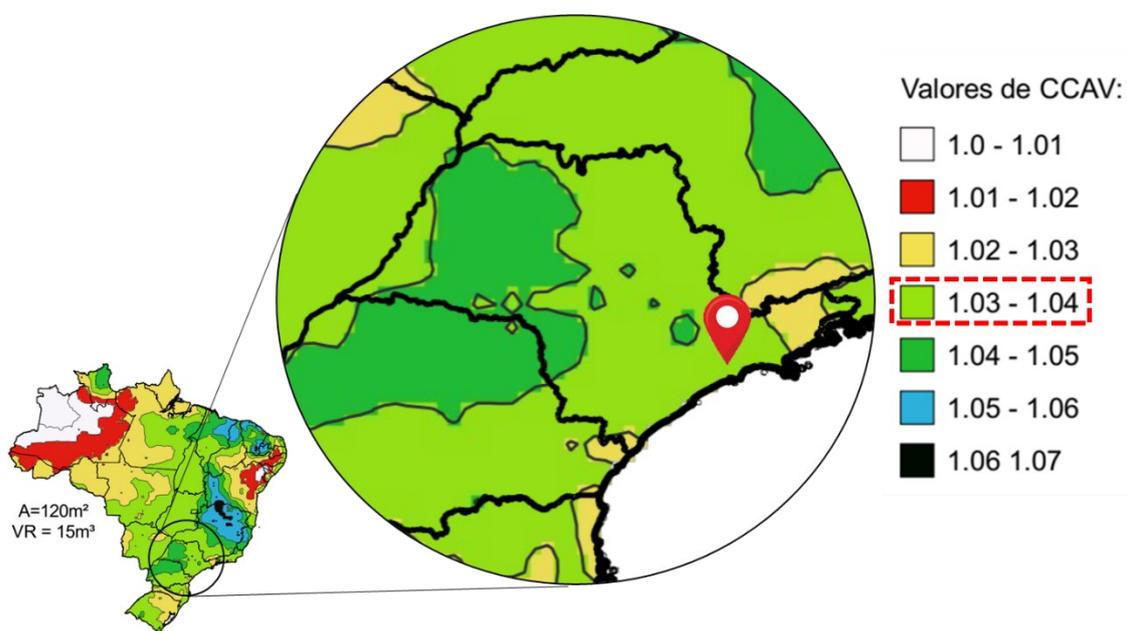
$$V_{AM} = \sum \text{Entrada} - V_{EXT}$$

$$V_{AM} = 134,7 - 0,0$$

$$V_{AM} = 134,7 \text{ m}^3$$

Para corrigir esse valor para uma situação mais realística, ou seja, como se o volume aproveitável fosse calculado em base diária ( $V_{AD}$ ) aplica-se o CCAV (obtido a partir da observação da imagem para o cenário estudado presente no apêndice B).

Consulta do CCAV pela observação da imagem:



Verifica-se para este cenário o **CCAV = 1,035**. Aplicando o CCAV têm-se:

$$V_{AD} = V_{AM} / \text{CCAV}$$

$$V_{AD} = 134,7 / 1,035$$

$$V_{AD} = 130,1 \text{ m}^3$$

**Verificamos assim a facilidade de estimar o  $V_{AD}$  quando não se dispõe das séries diárias de precipitação a partir de cálculos utilizando os dados médios mensais a partir de simples aplicação do CCAV.**

## APÊNDICE B

<b>Painéis de imagens</b>	<b>Página</b>
• <b>Imagens CEV</b>	<b>107</b>
• <b>Imagens CEVE</b>	<b>123</b>
• <b>Imagens CCAV</b>	<b>139</b>

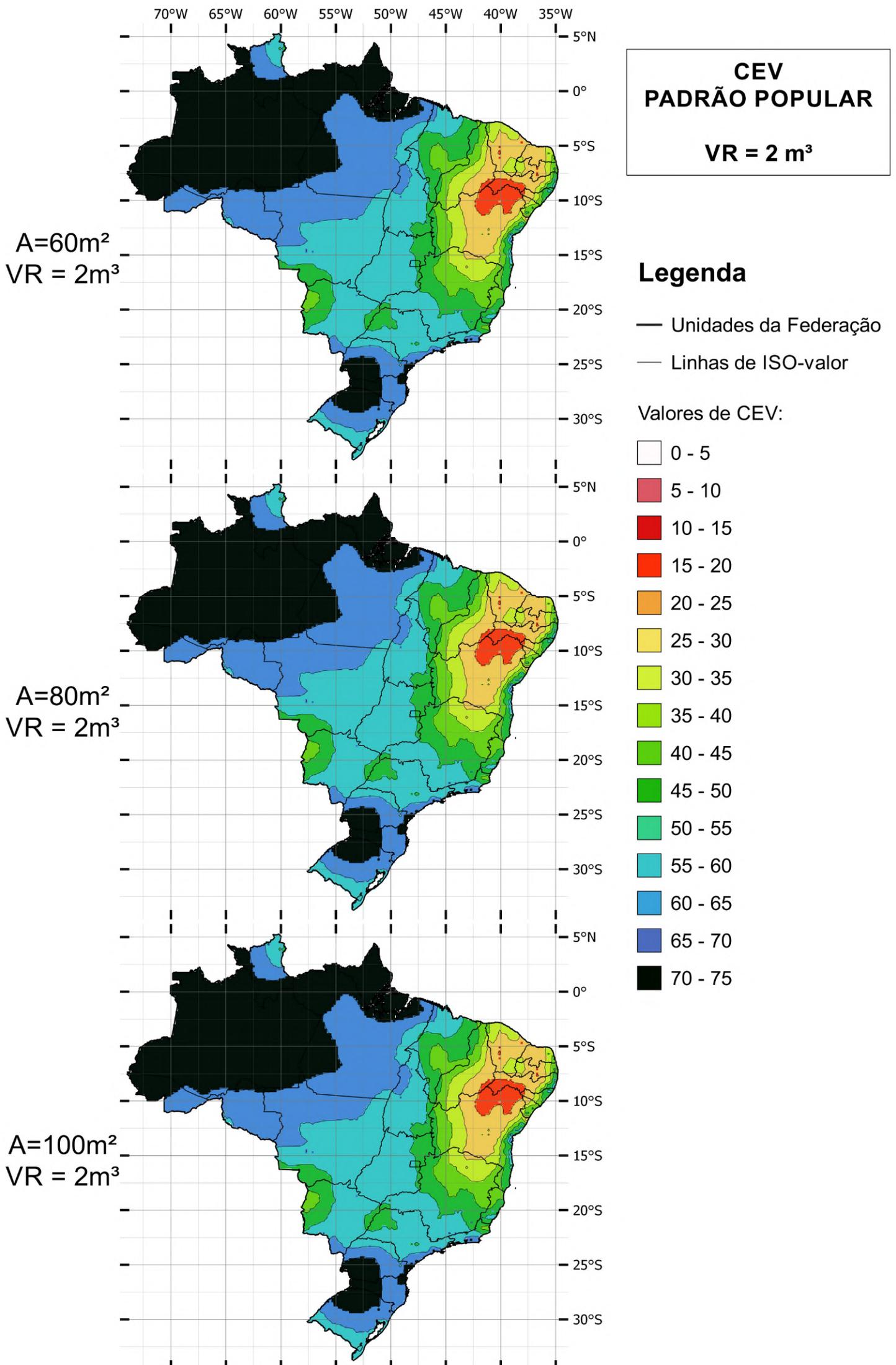
## CEV

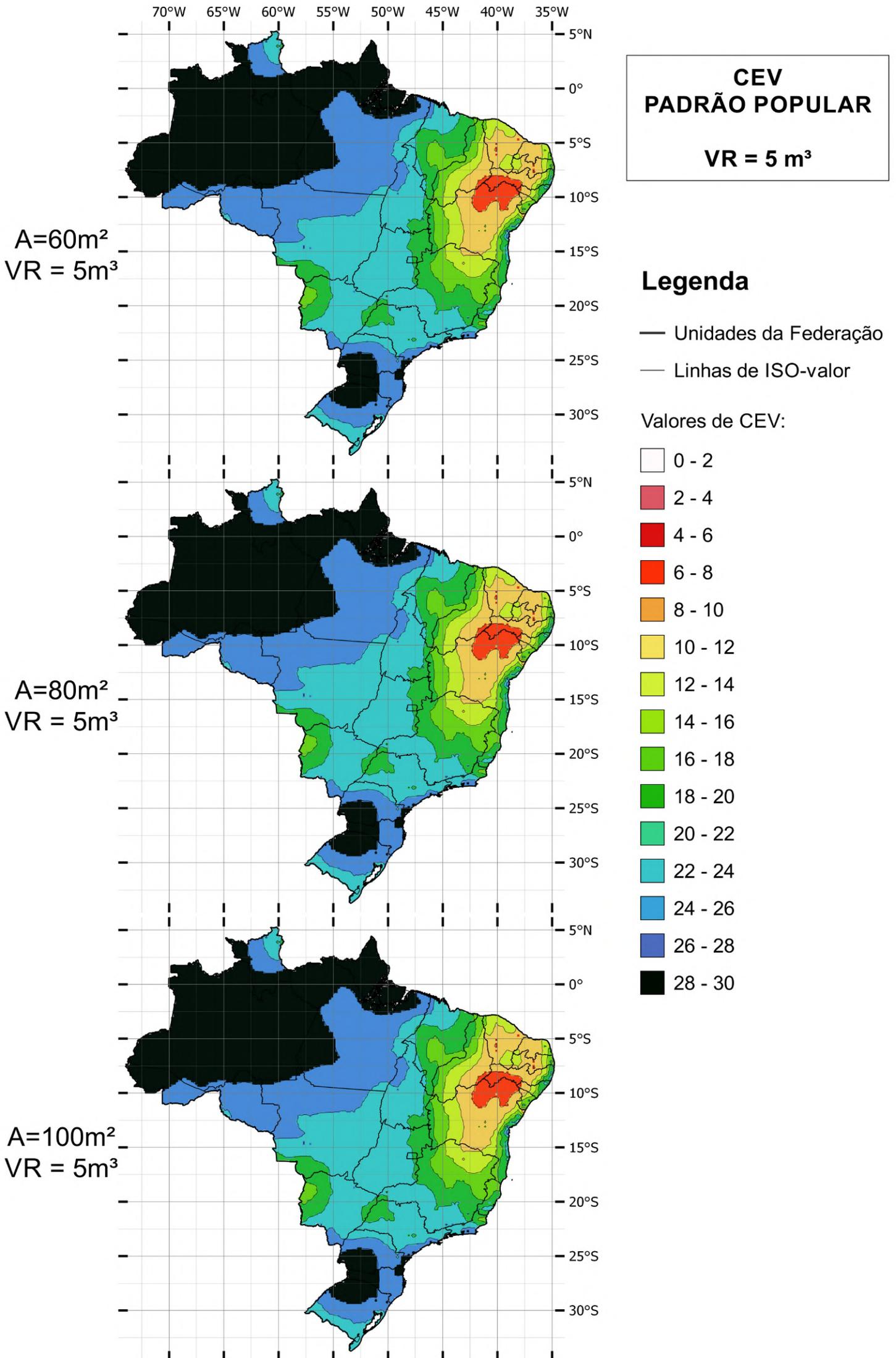
Informações sobre curvas de Iso-valor:

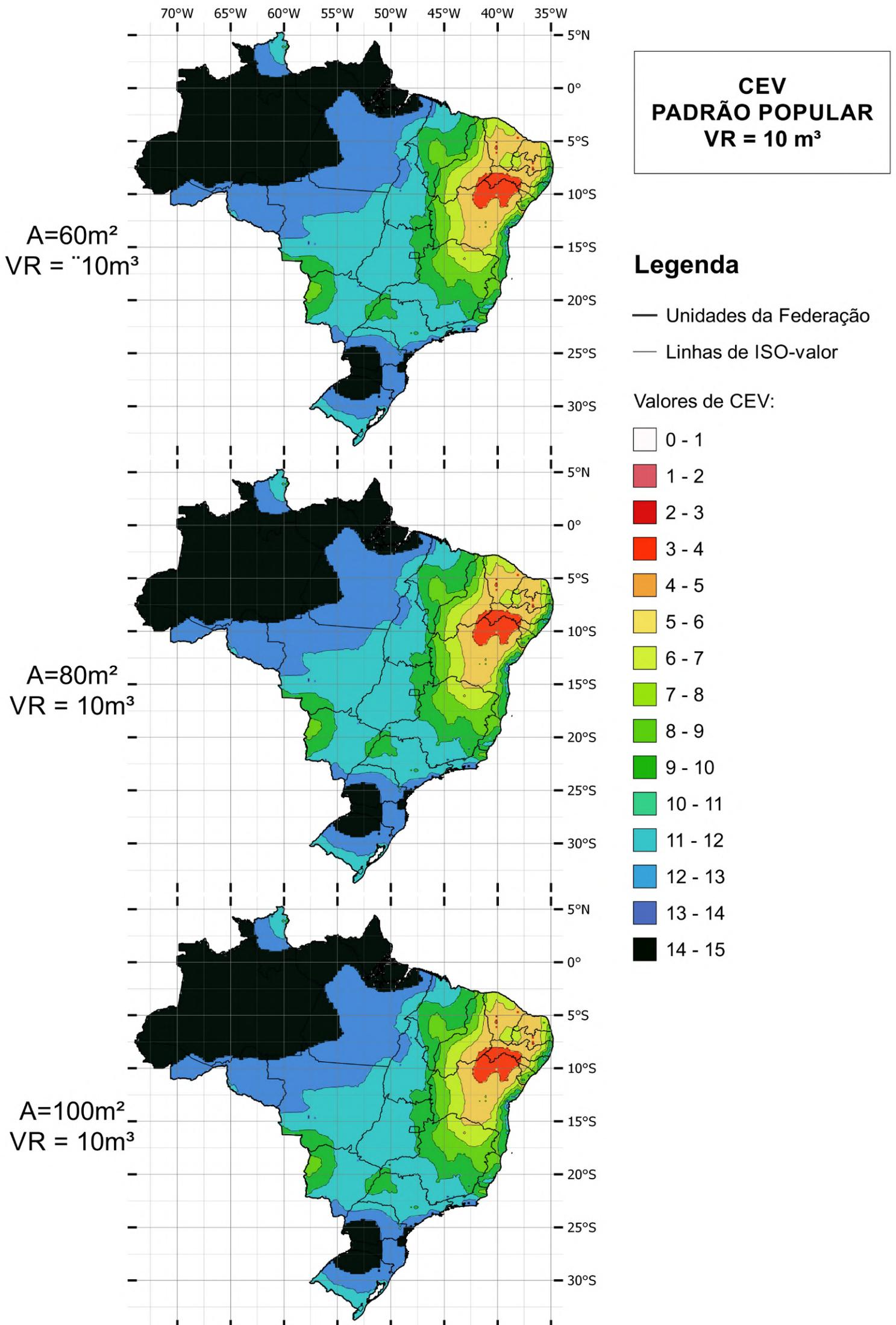
<b>Padrão Popular</b>			
<b>Volume do Reservatório</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Nº de Classes</b>	<b>Nº de Classes</b>
30	0 a 5	10	0,5
15	0 a 10	10	1
10	0 a 15	15	1
5	0 a 30	15	2
2	0 a 75	15	5

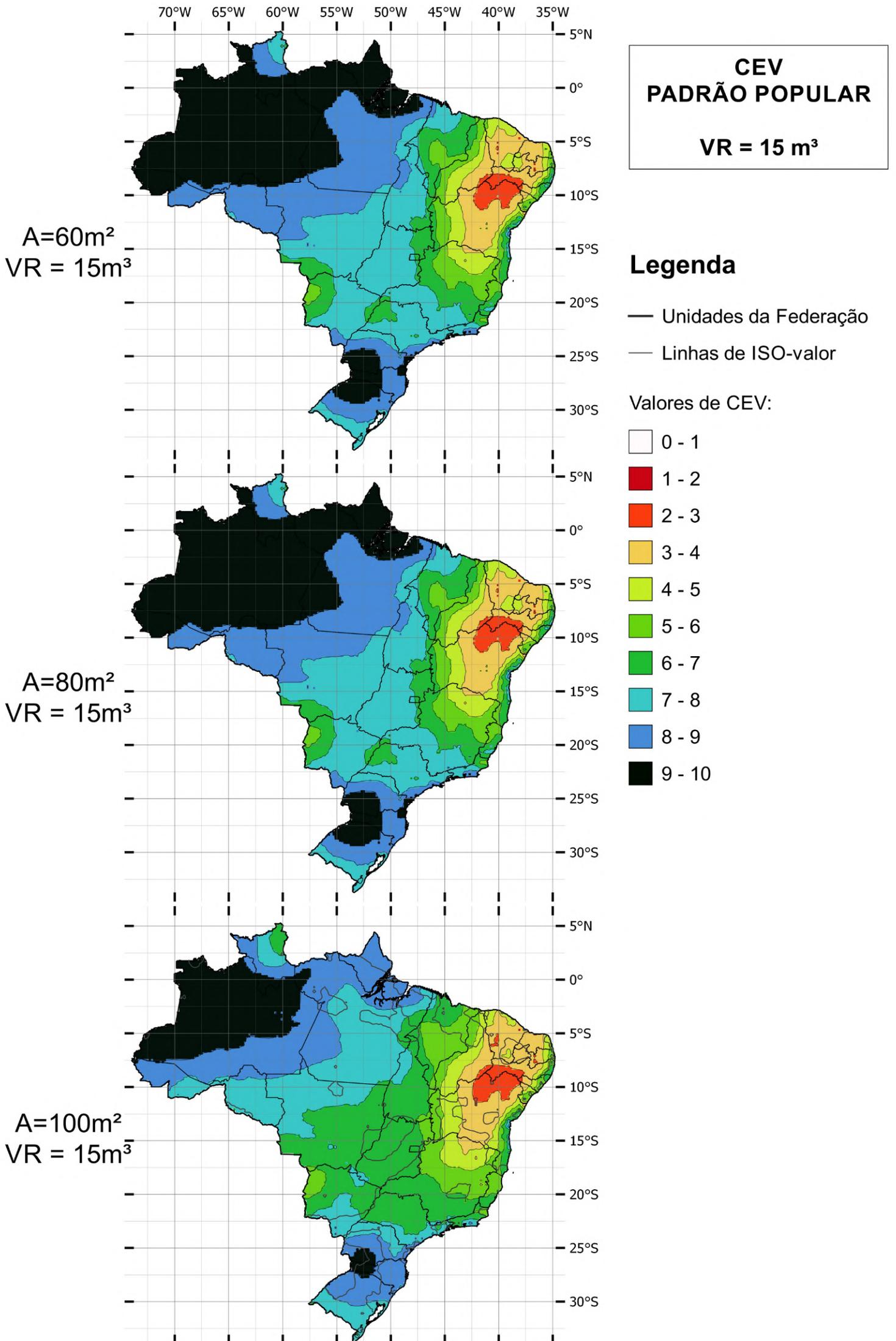
<b>Padrão Médio</b>			
<b>Volume do Reservatório</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Nº de Classes</b>	<b>Nº de Classes</b>
30	0 a 7	7	1
15	0 a 14	14	1
10	0 a 22	16	2
5	0 a 42	21	2
2	0 a 105	21	5

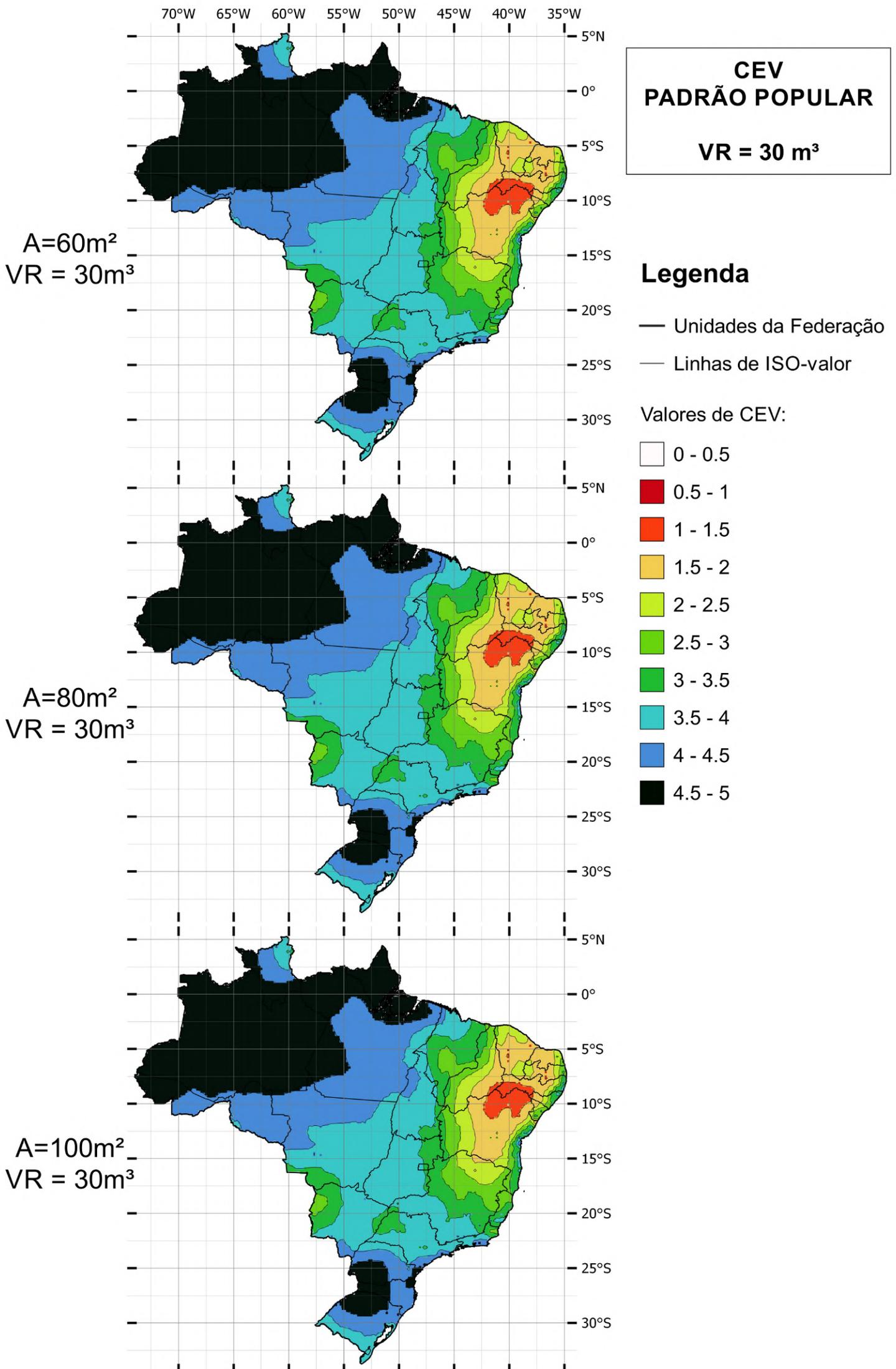
<b>Padrão Alto</b>			
<b>Volume do Reservatório</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Nº de Classes</b>	<b>Nº de Classes</b>
30	0 a 14	14	1
15	0 a 28	14	2
10	0 a 42	14	3
5	0 a 85	17	5
2	0 a 200	20	10

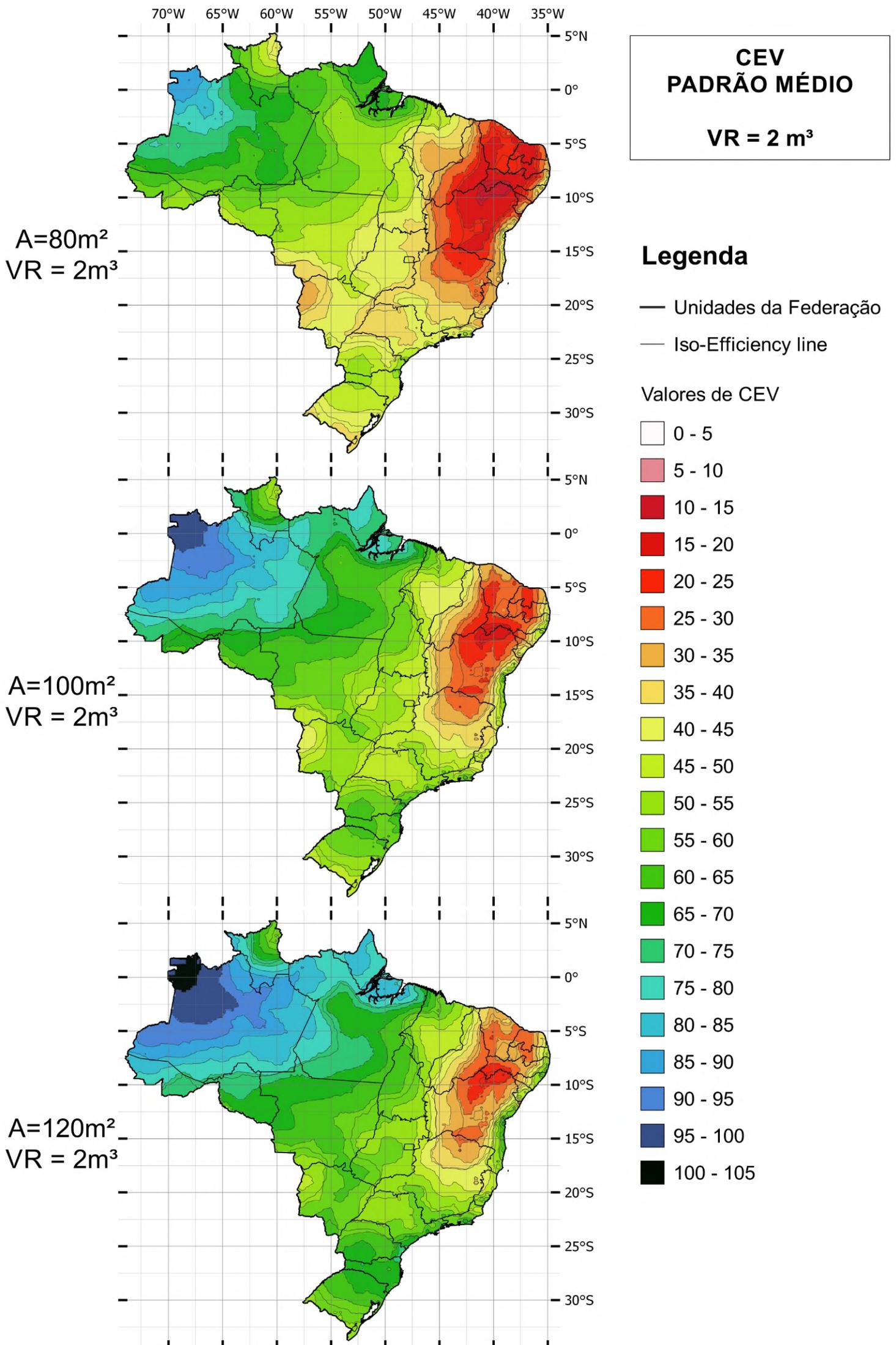


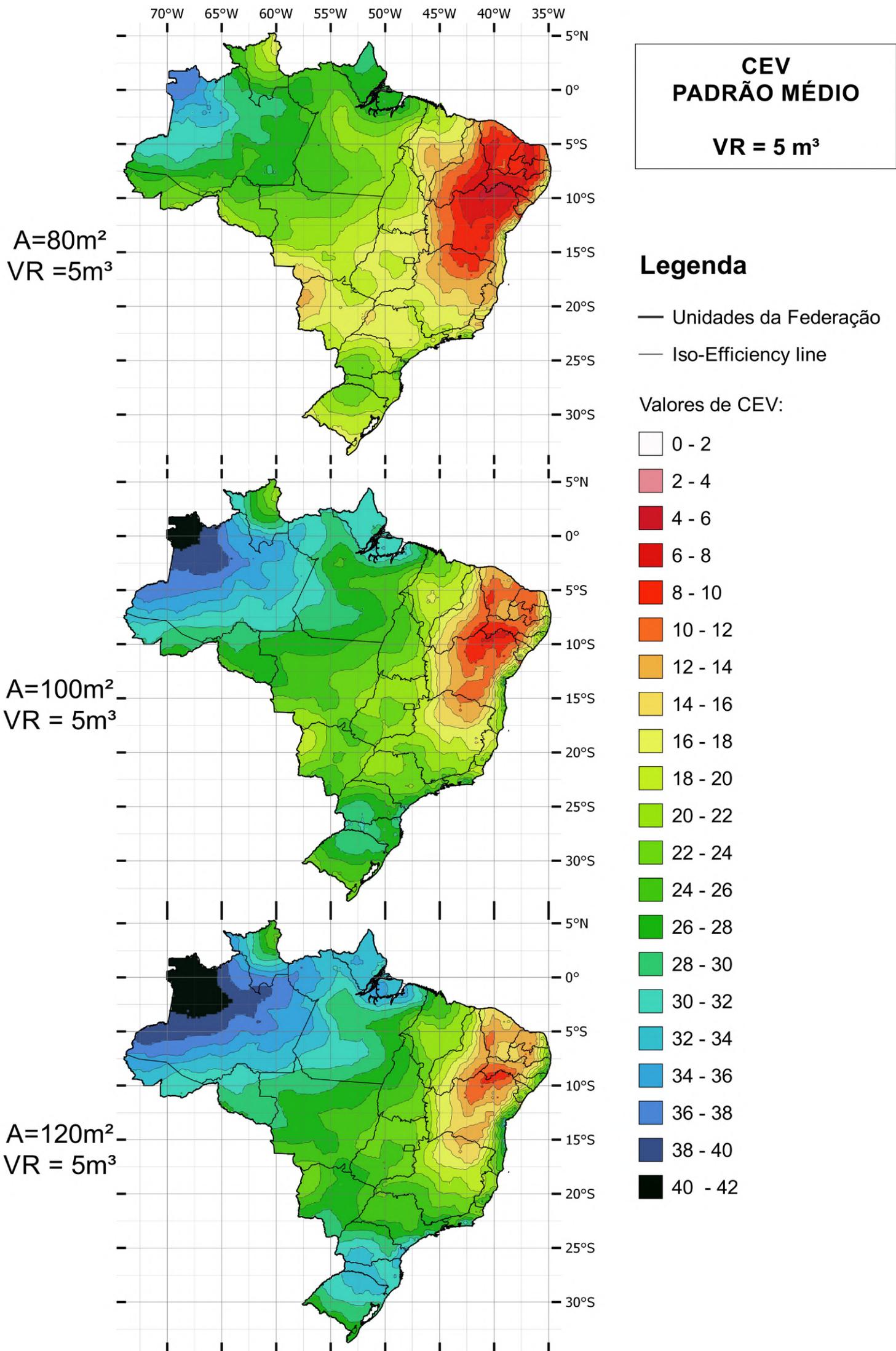


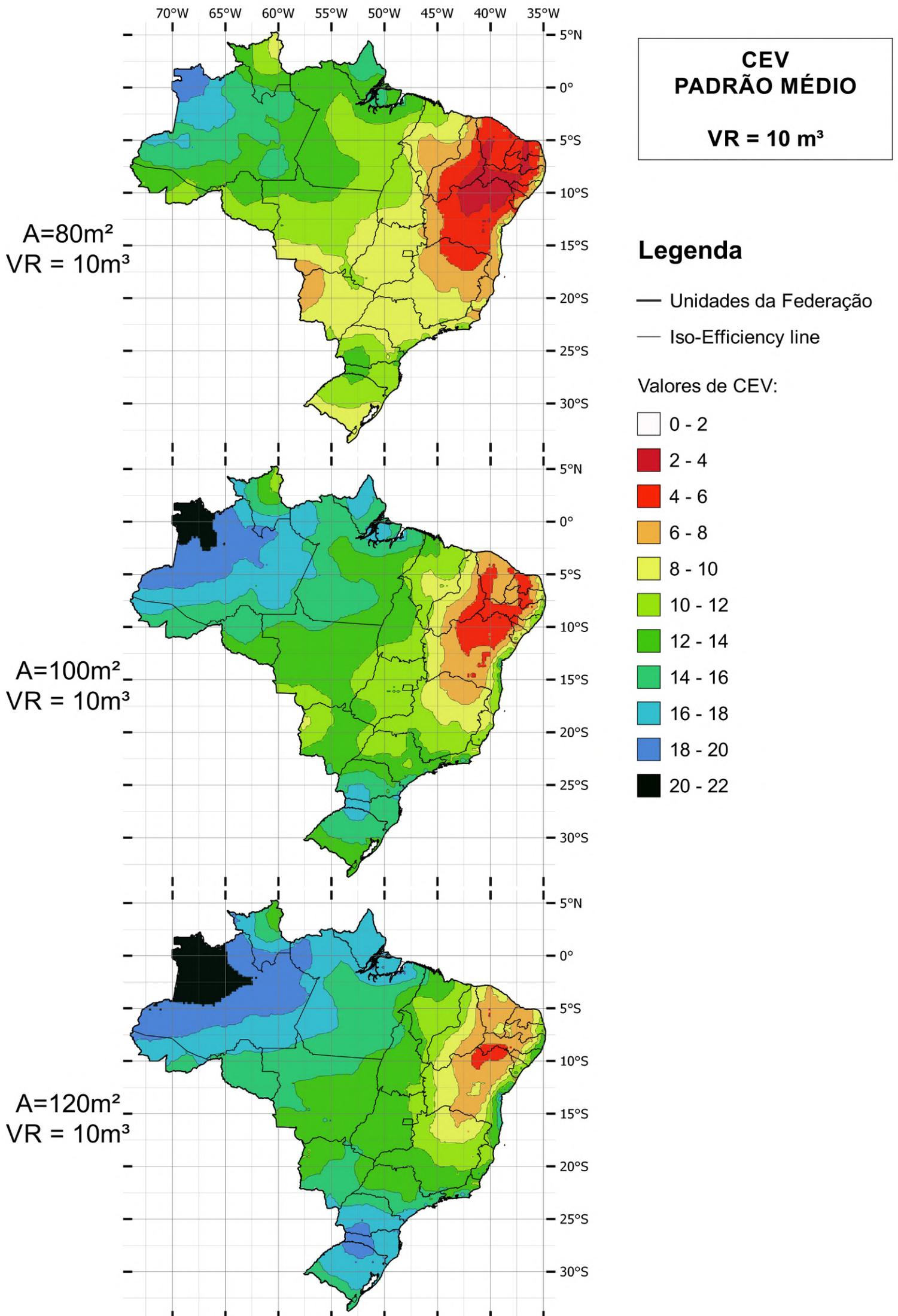


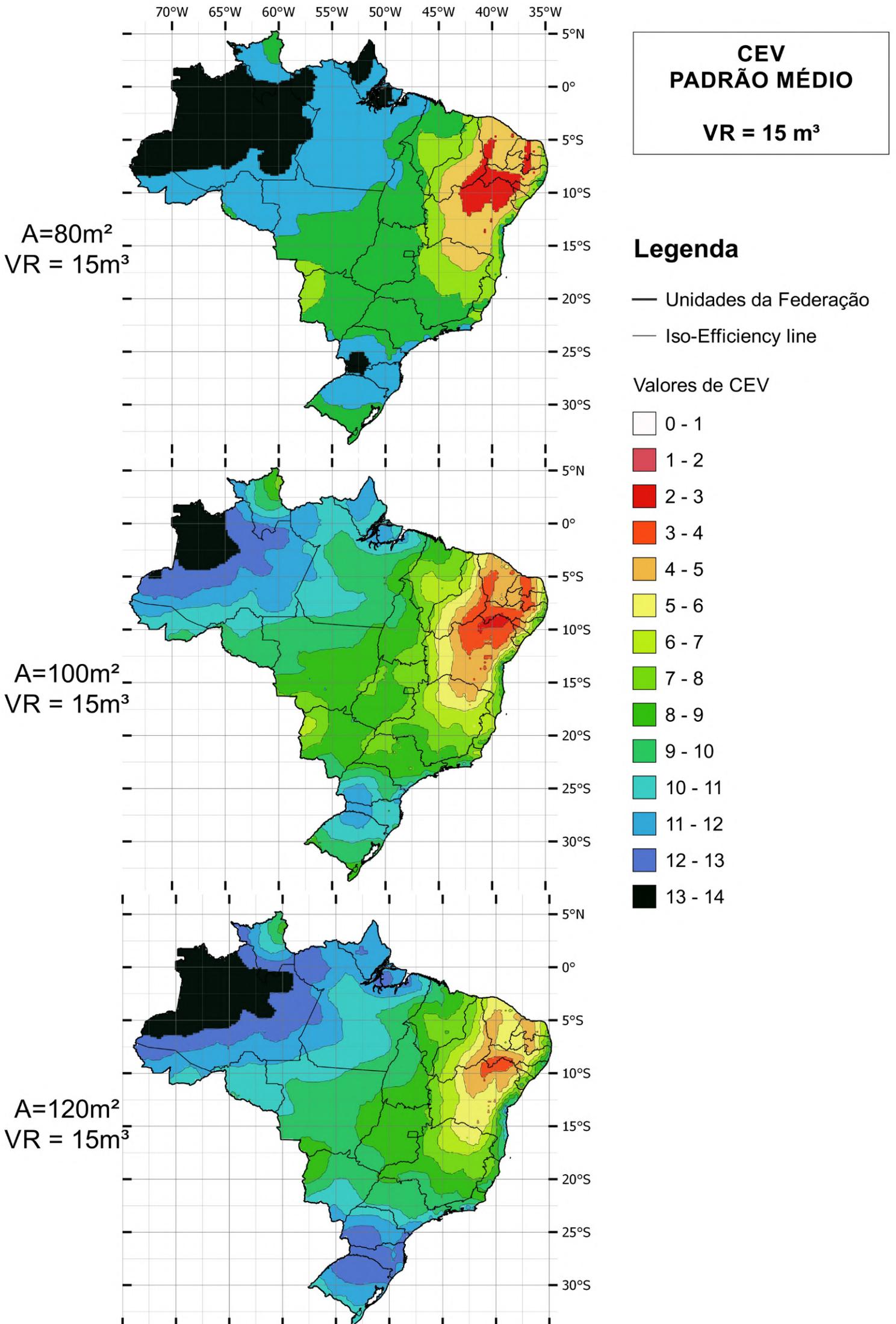


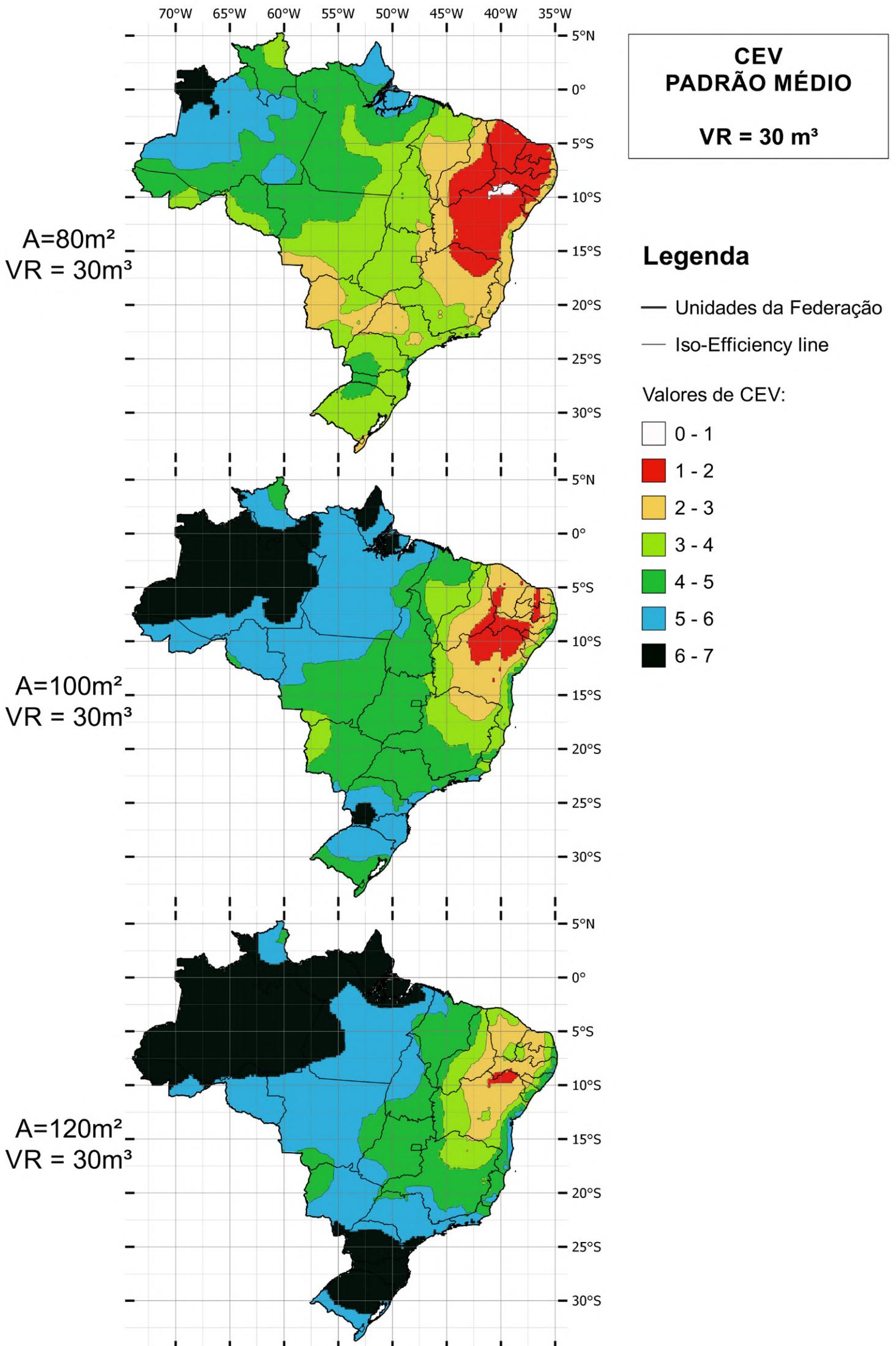


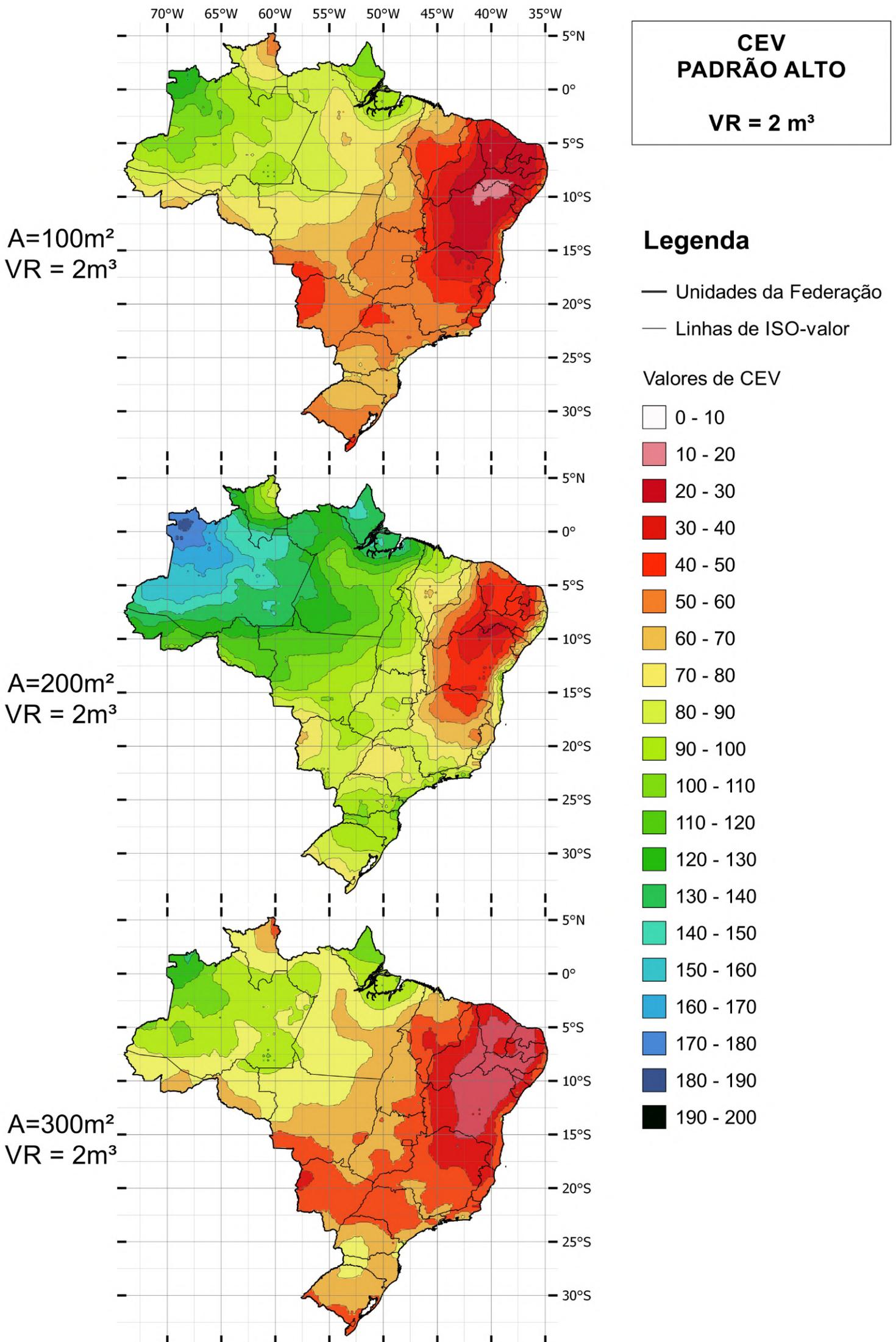


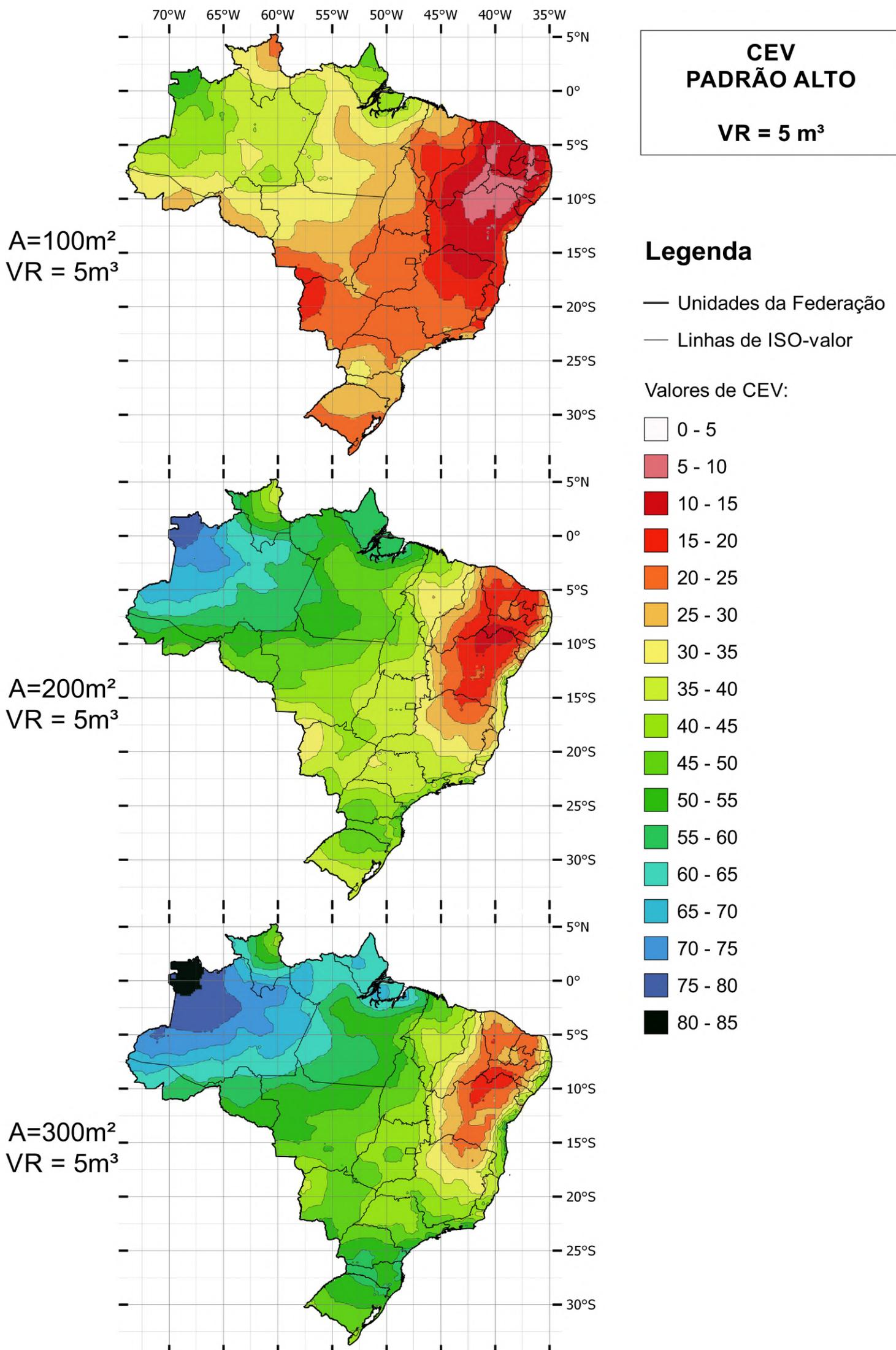


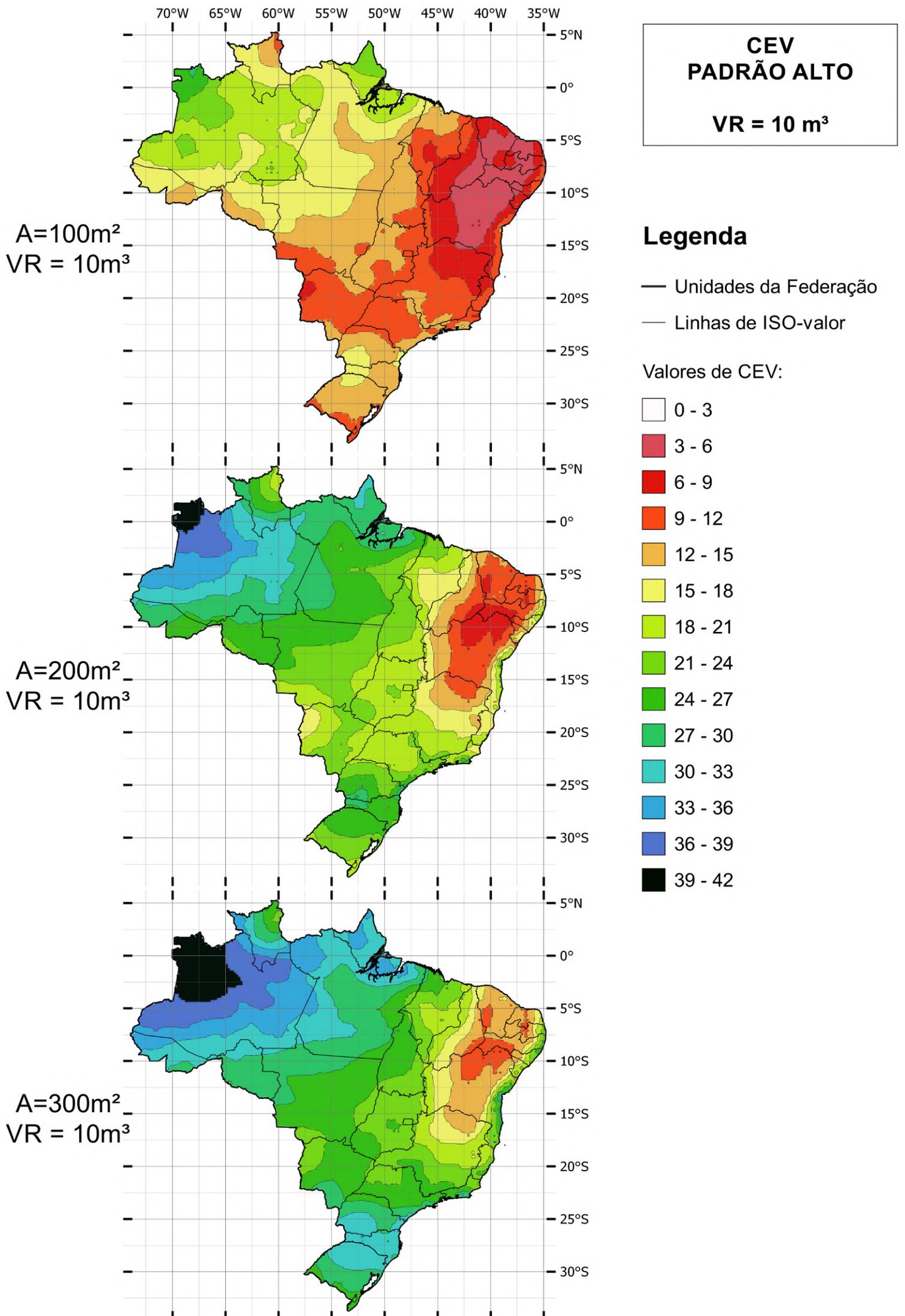


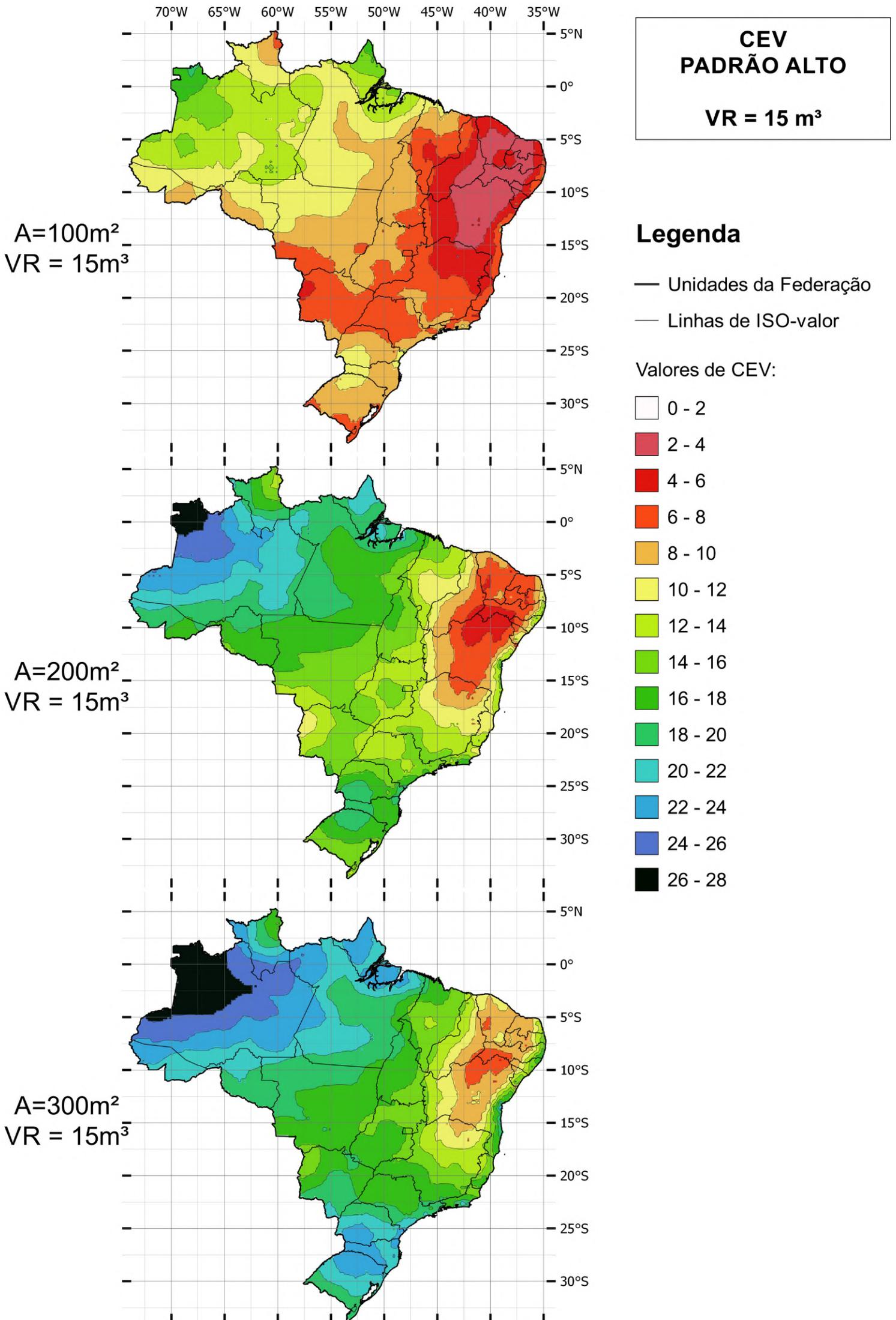


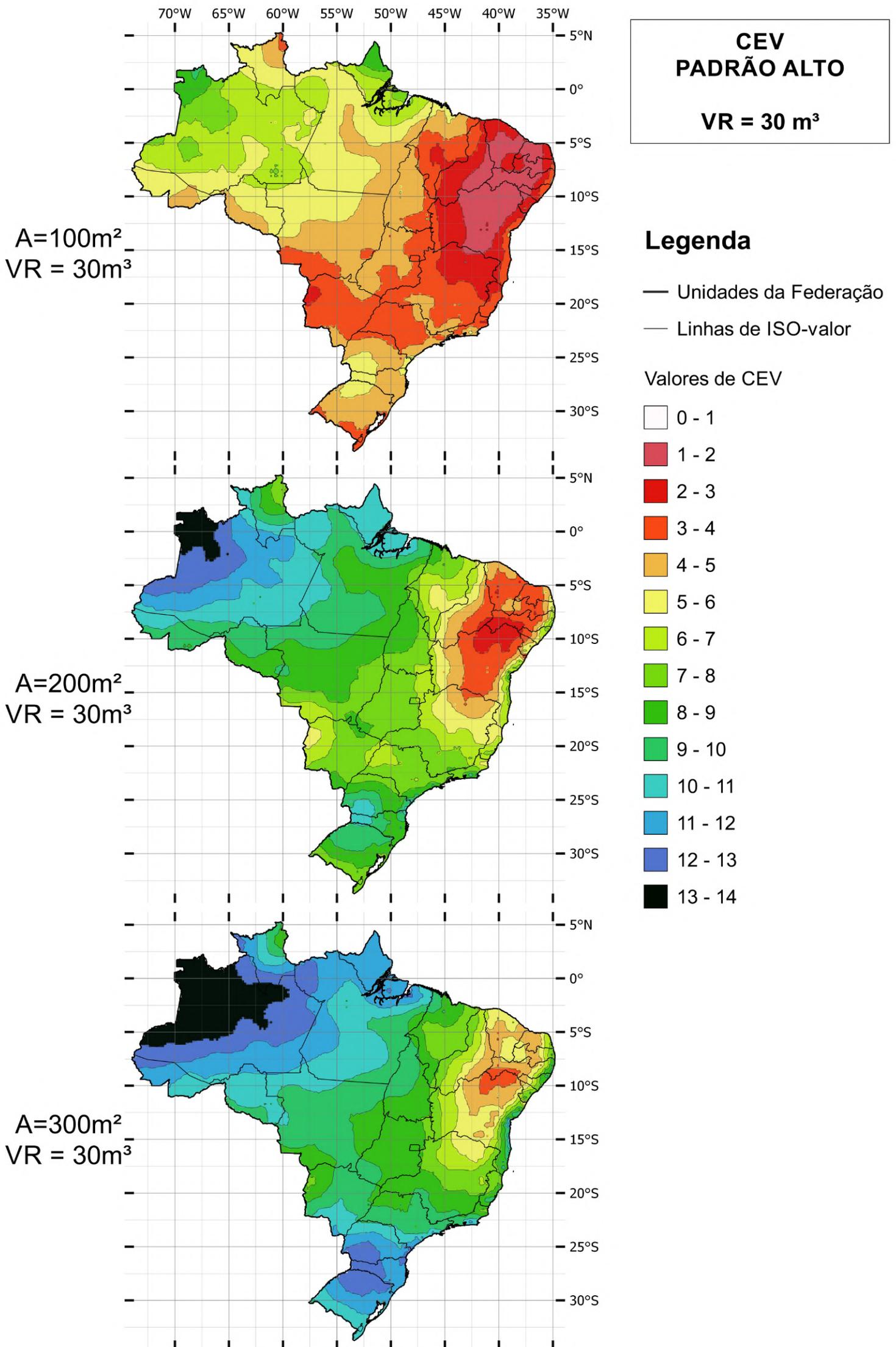












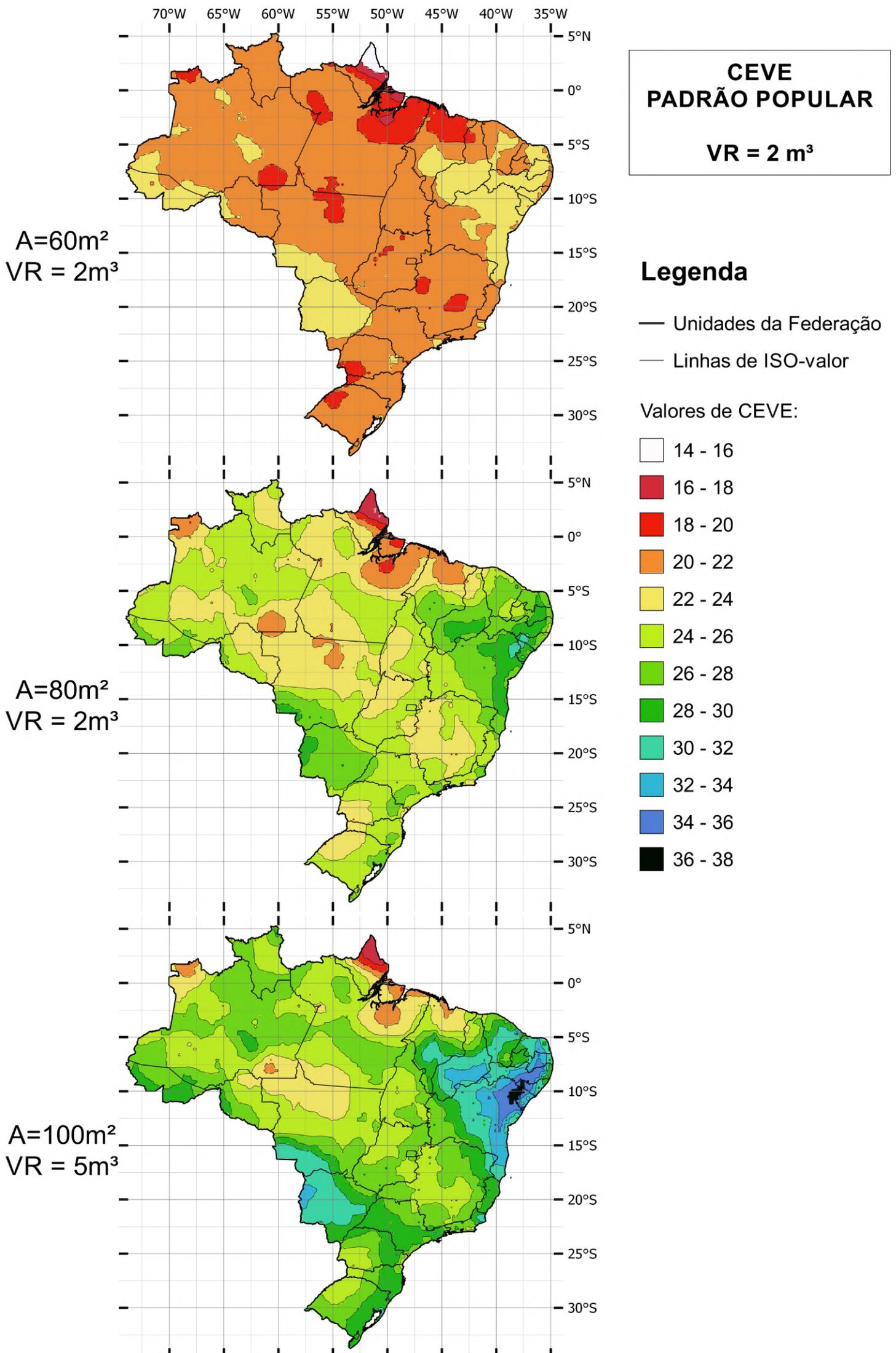
## CEVE

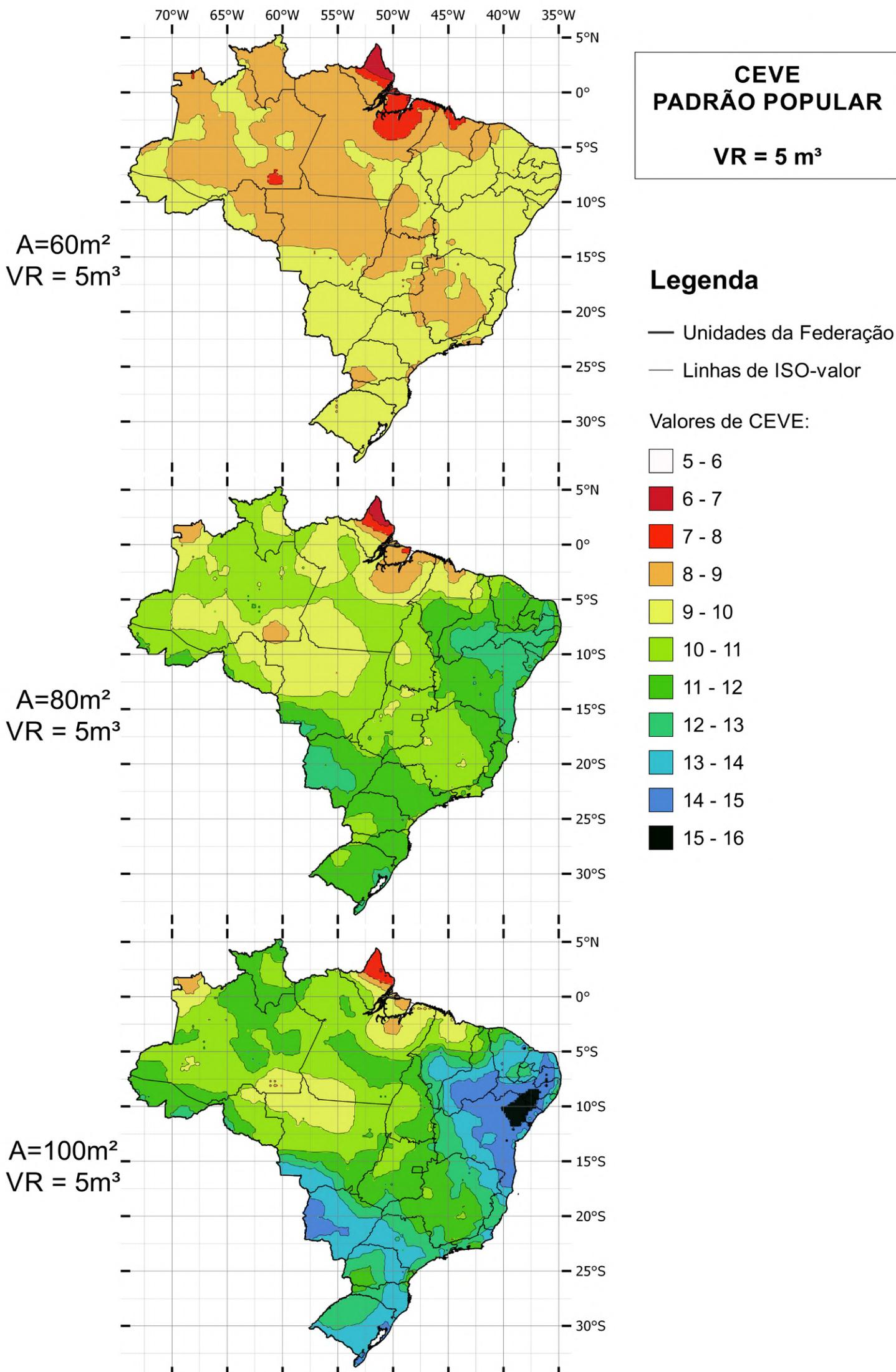
Informações sobre curvas de Iso-valor:

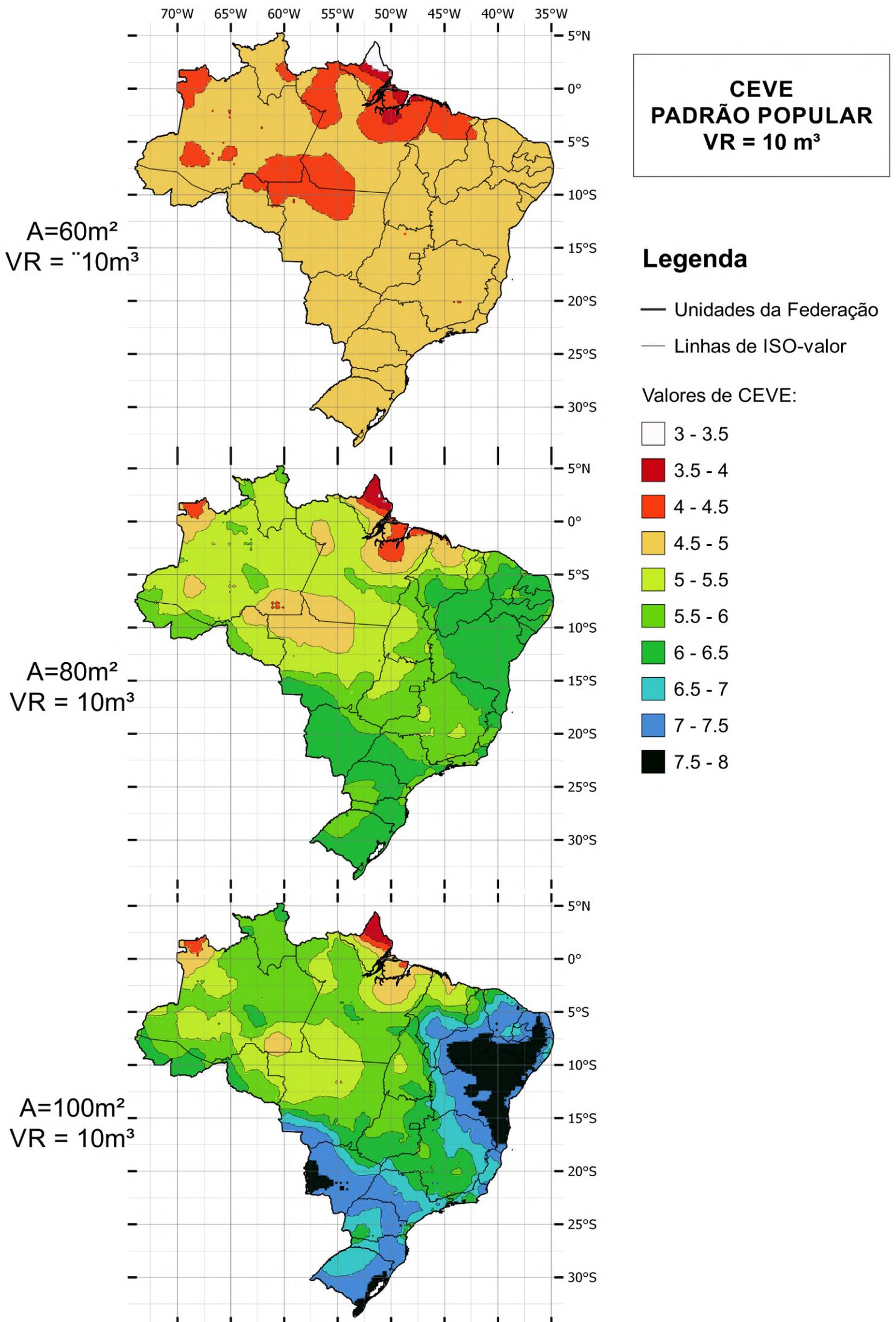
<b>Padrão Popular</b>			
<b>Volume do Reservatório</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Amplitude da Classe</b>	<b>Nº de Classes</b>
30	1 a 2,75	0,25	7
15	2 a 5,5	0,5	7
10	3 a 8	0,5	10
5	5 a 16	1	11
2	14 a 38	2	12

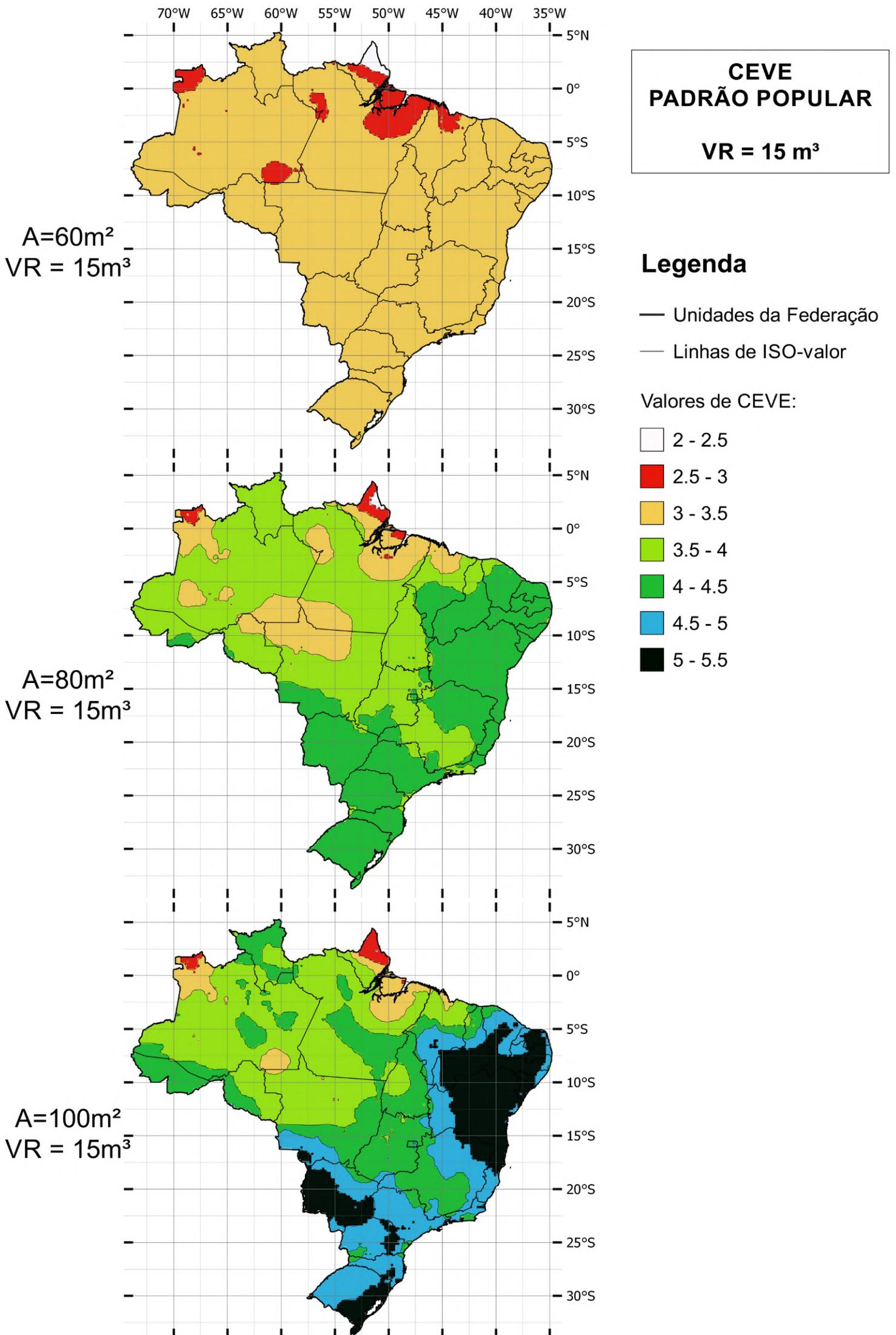
<b>Padrão Médio</b>			
<b>Volume do Reservatório</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Iso-valor</b>	<b>Nº de Classes</b>
30	1,5 a 4,5	0,5	6
15	3 a 8,5	0,5	11
10	4 a 13	1	9
5	8 a 24	2	8
2	20 a 56	2	18

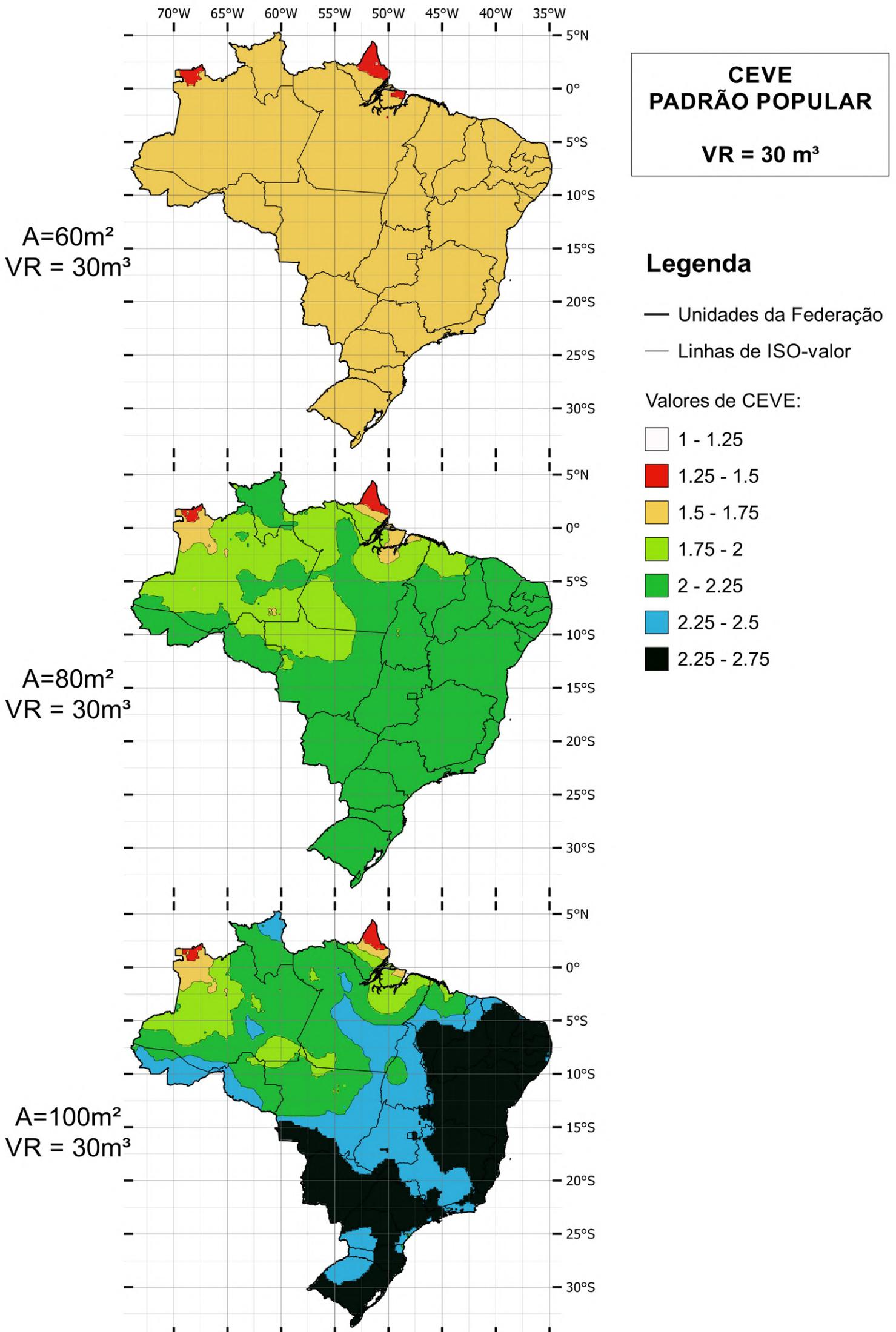
<b>Padrão Alto</b>			
<b>Volume do Reservatório</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Iso-valor</b>	<b>Nº de Classes</b>
30	3 a 8	0,5	10
15	4 a 16	1	12
10	7 a 23	1	16
5	15 a 45	3	10
2	30 a 100	5	14

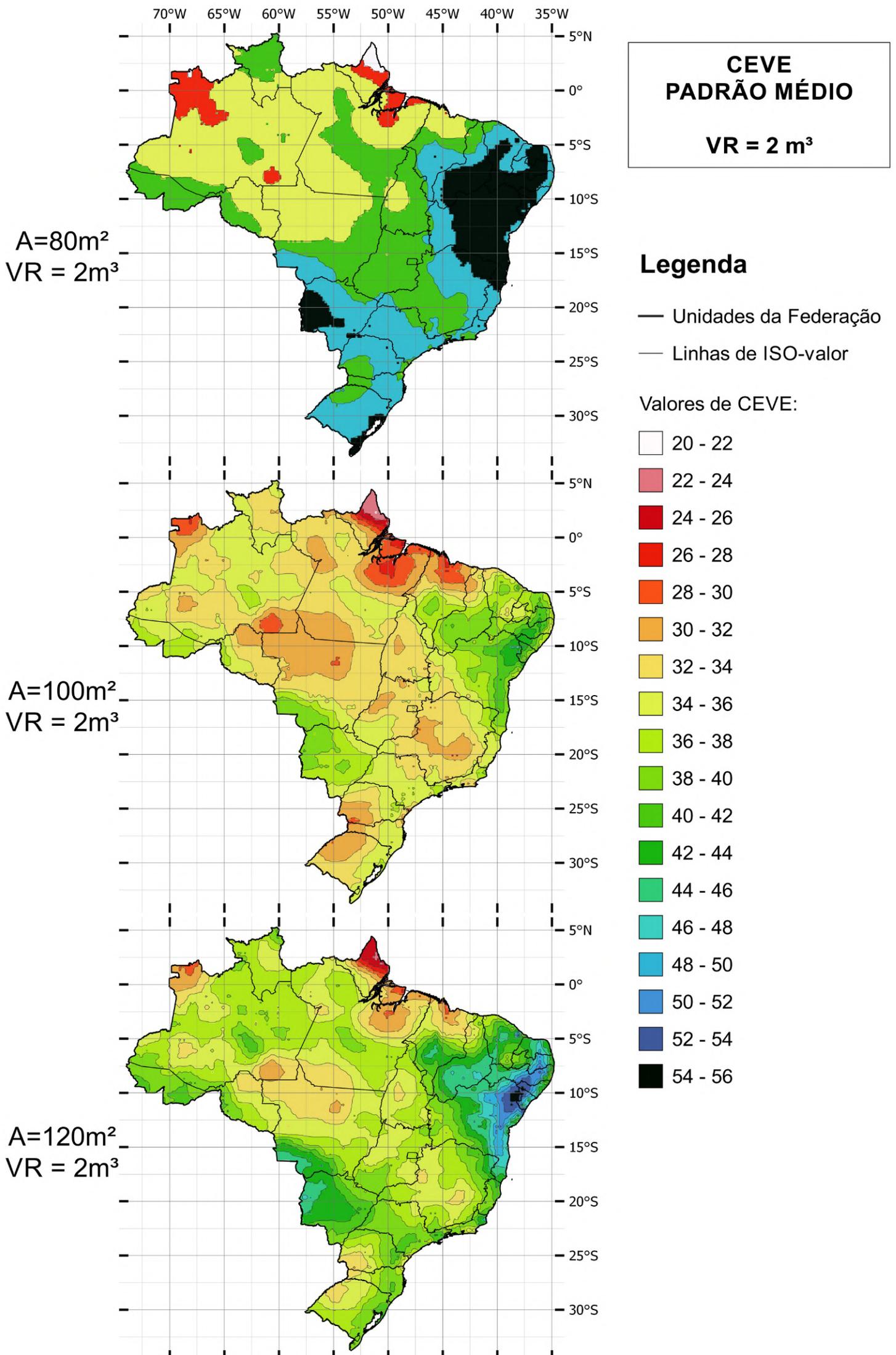


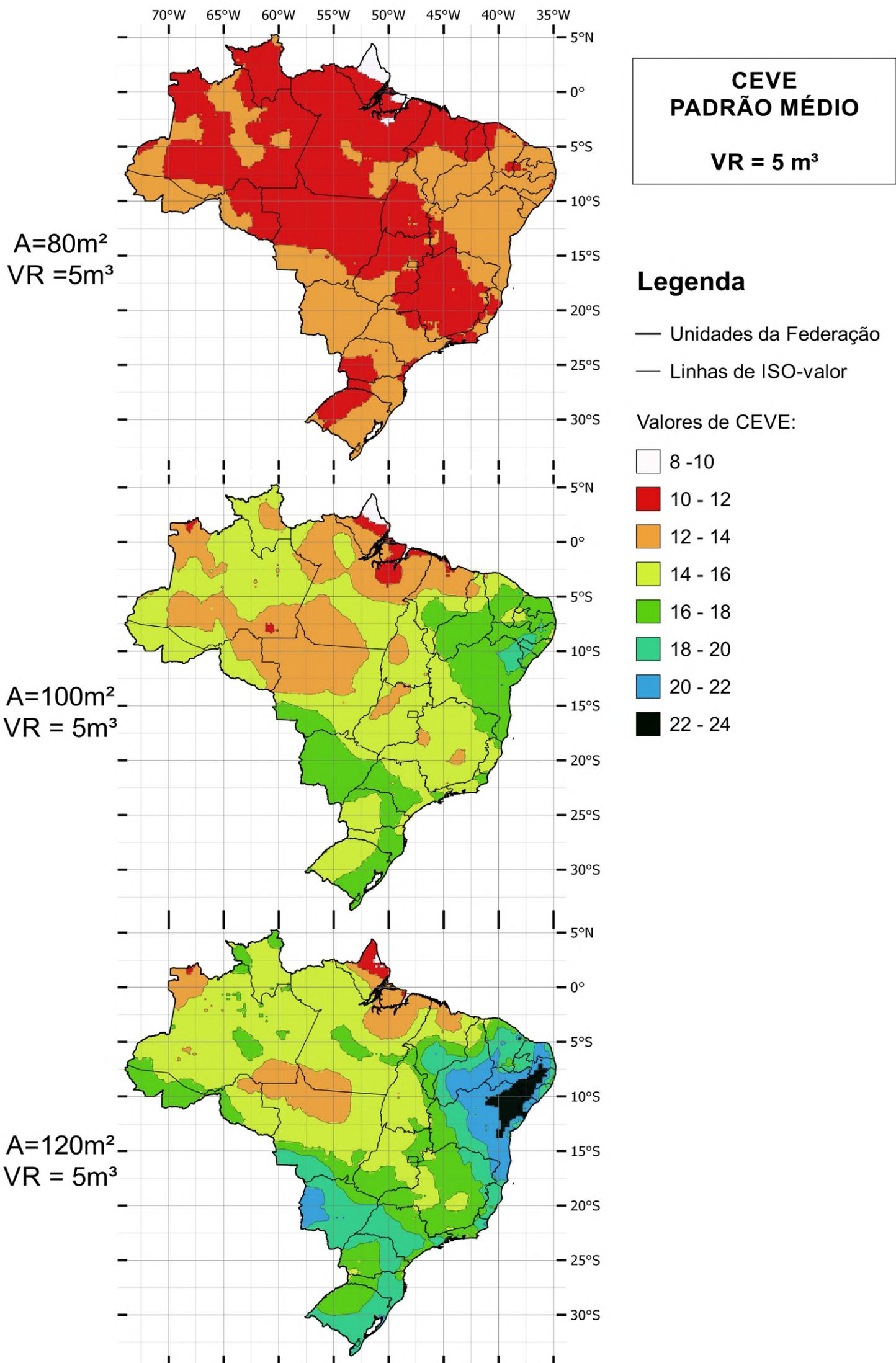


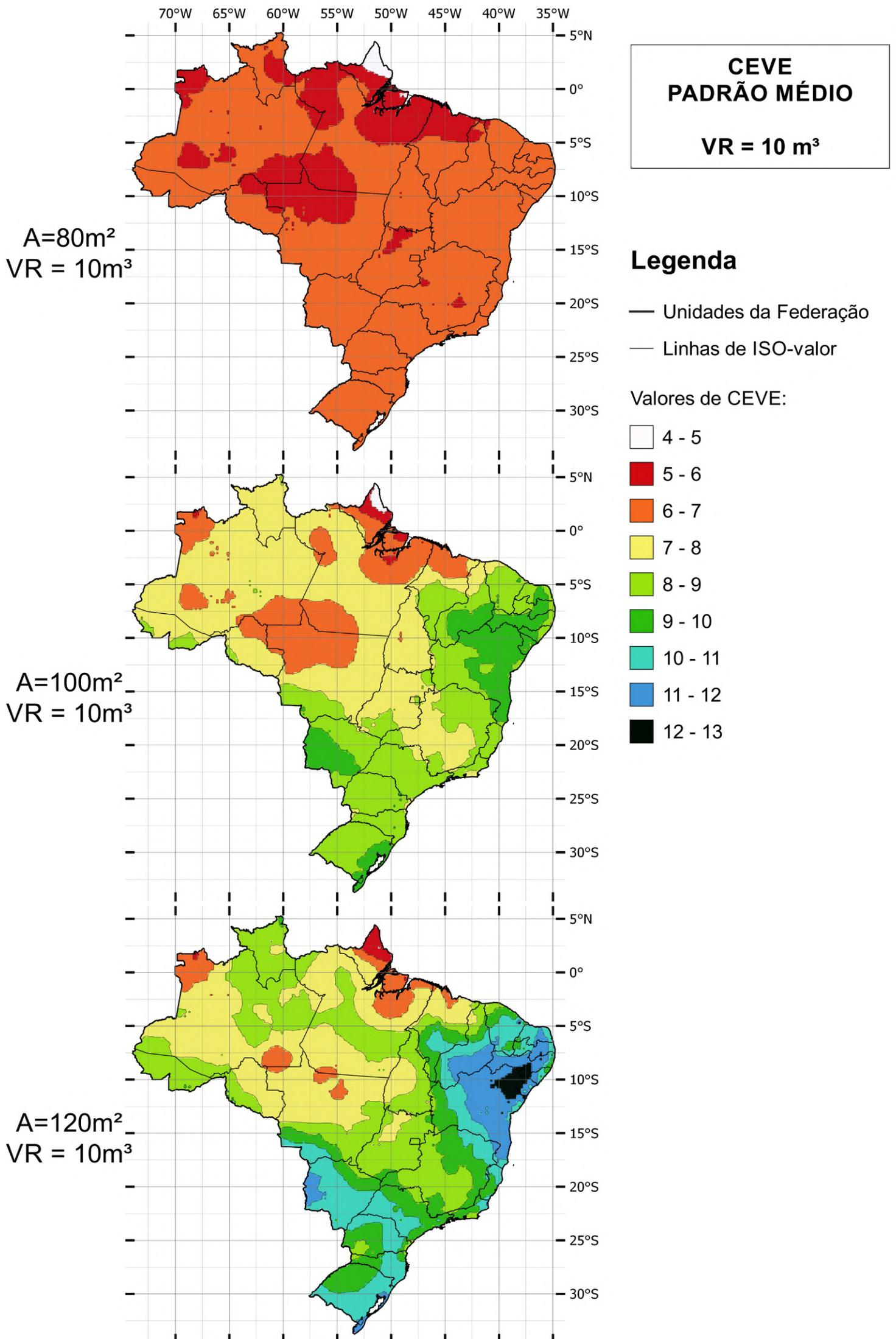


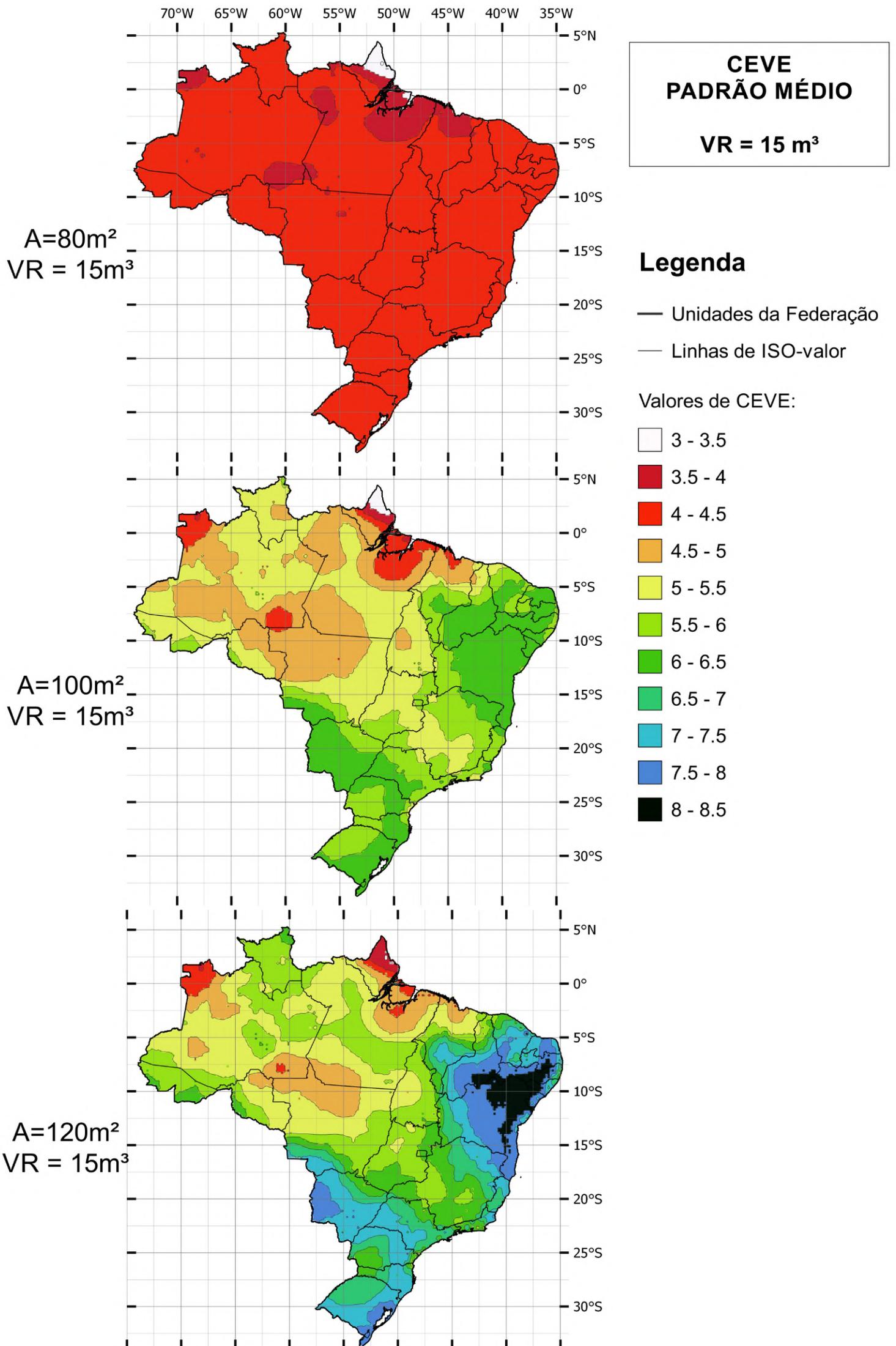


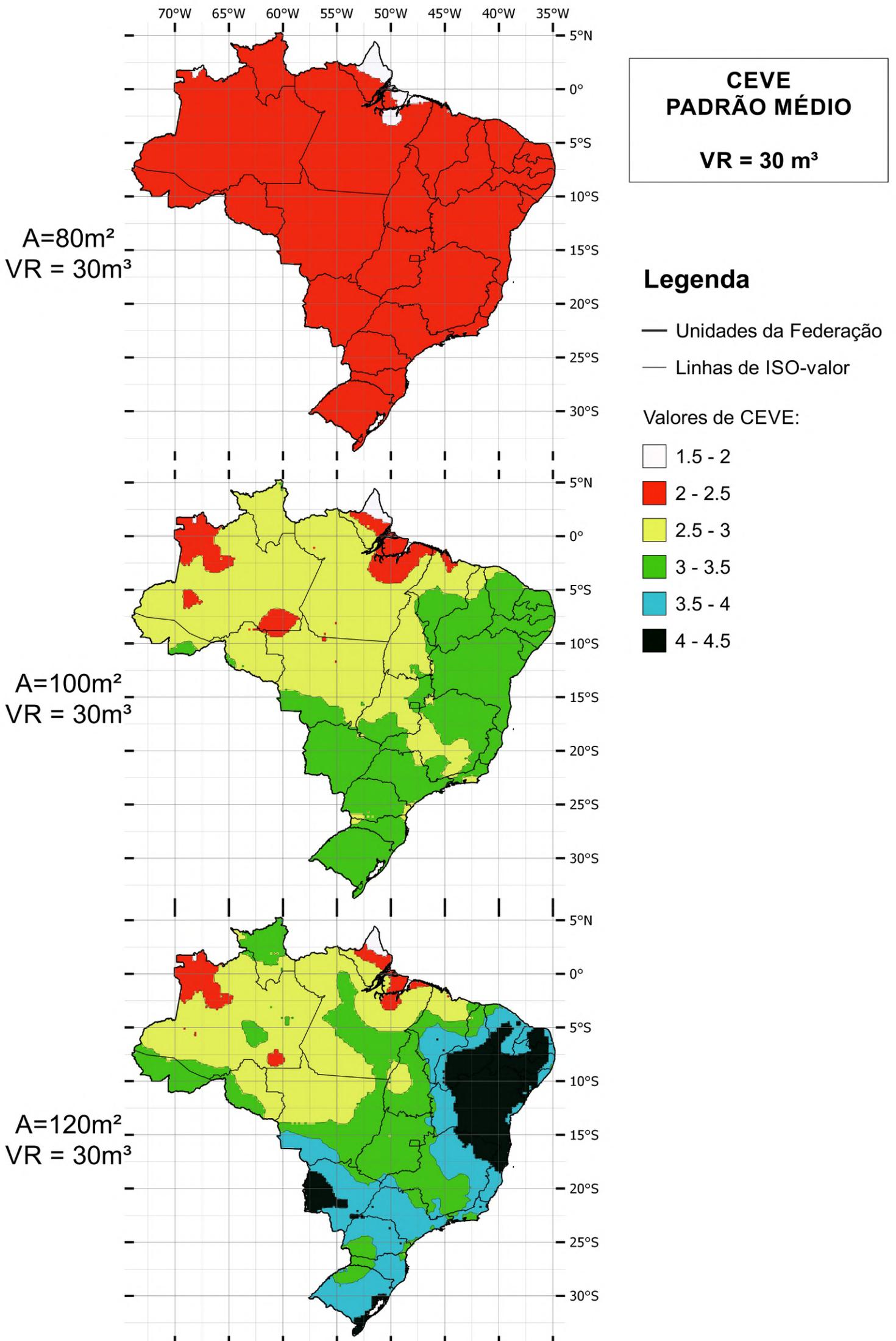


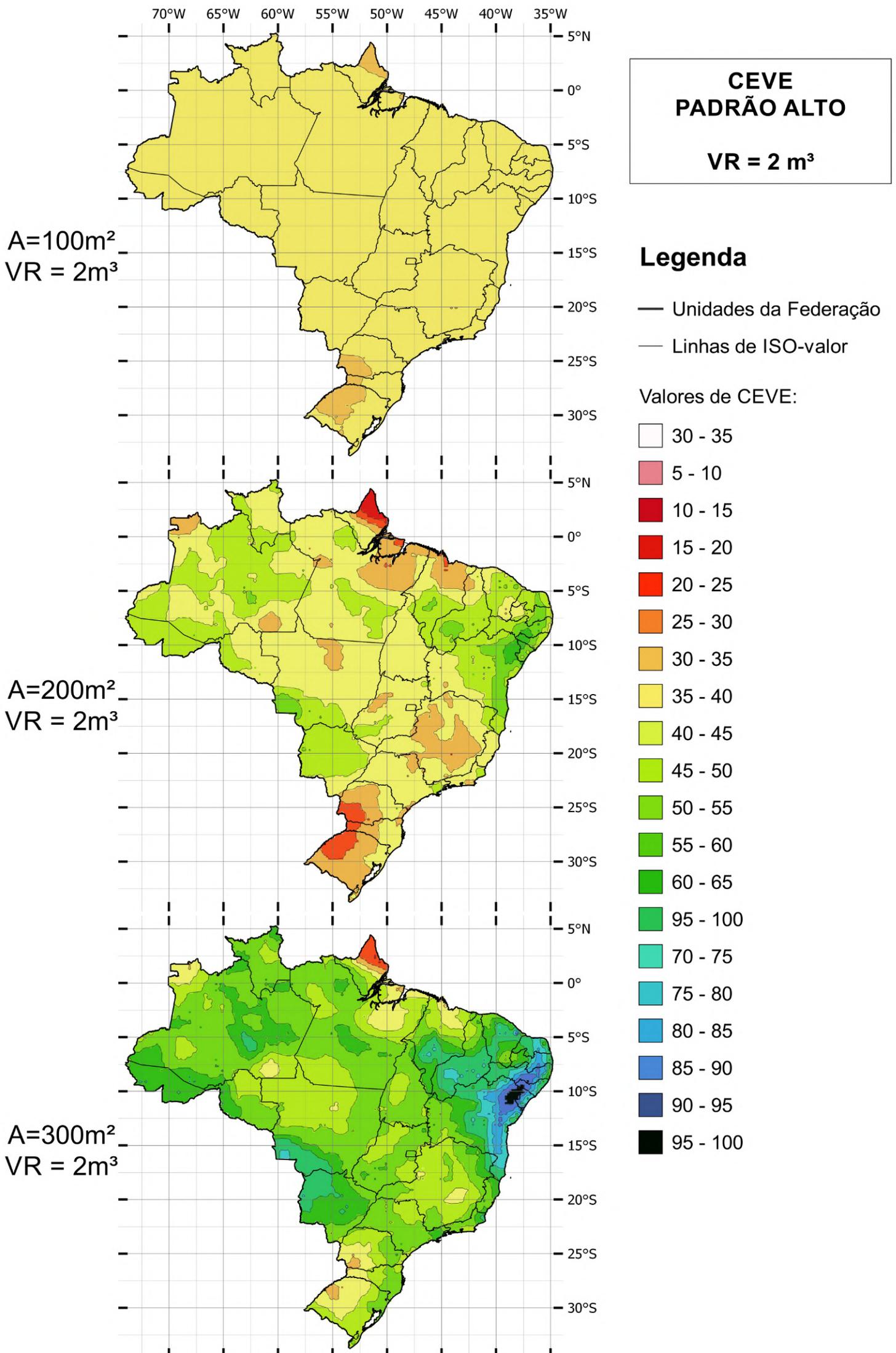


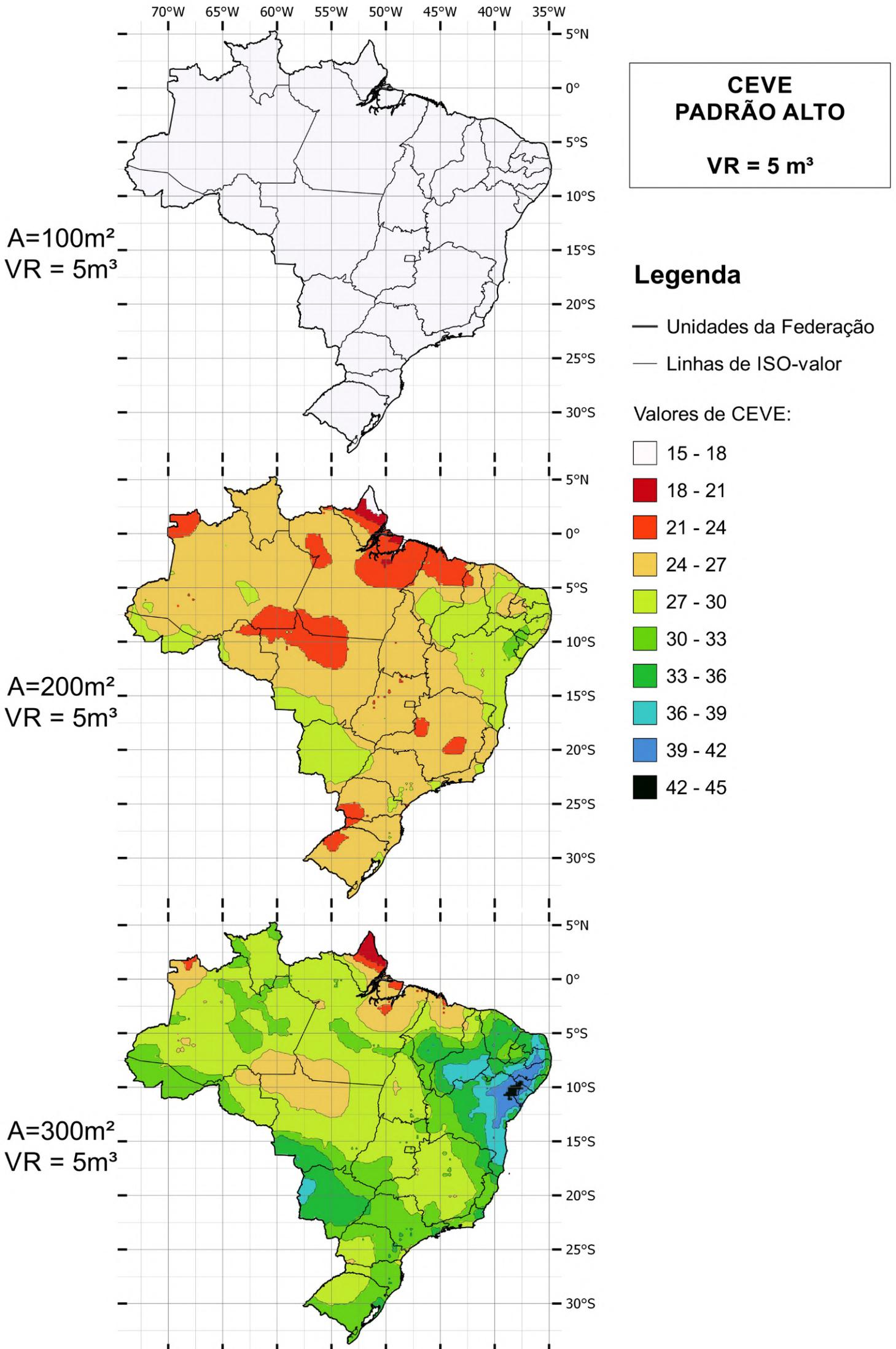


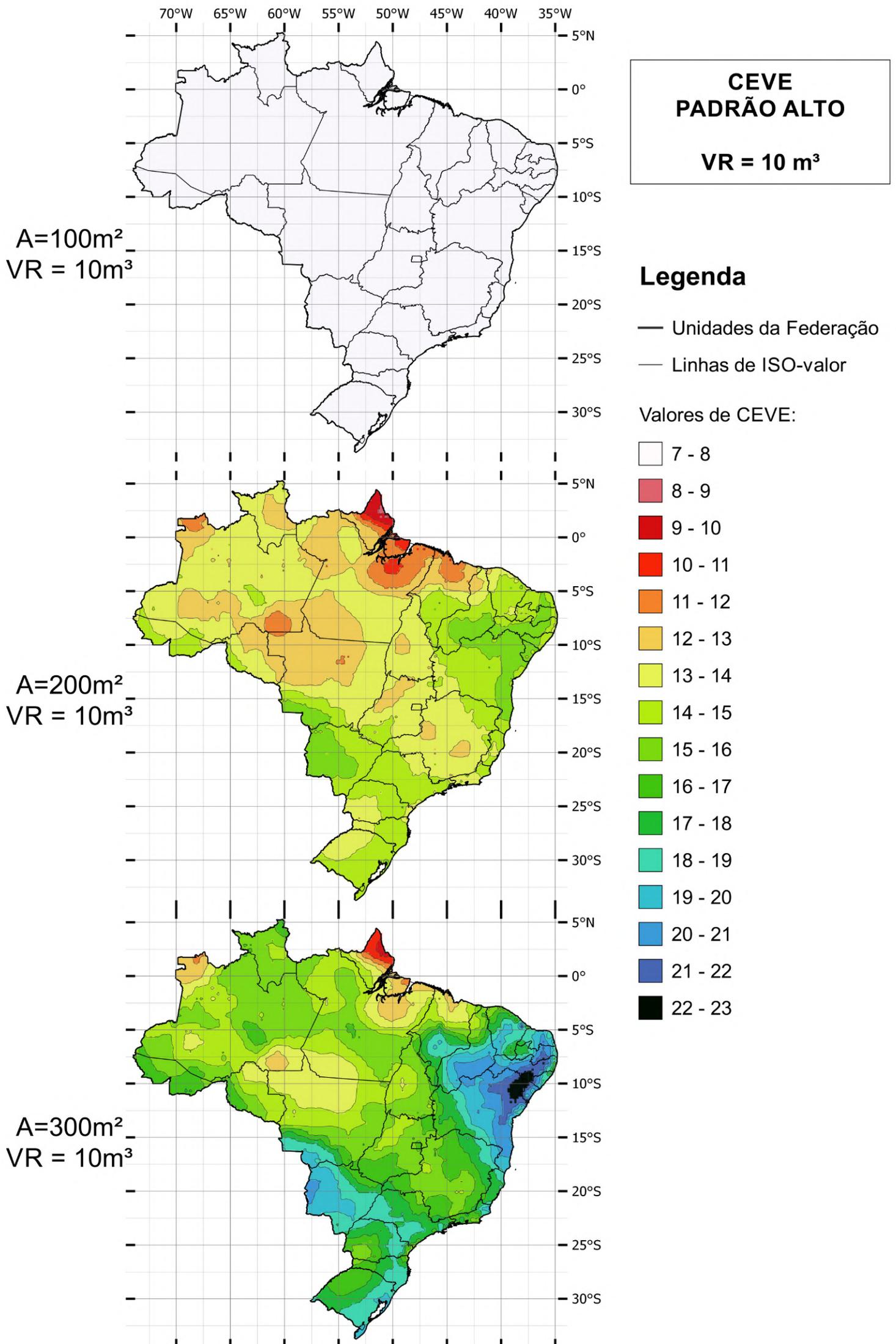


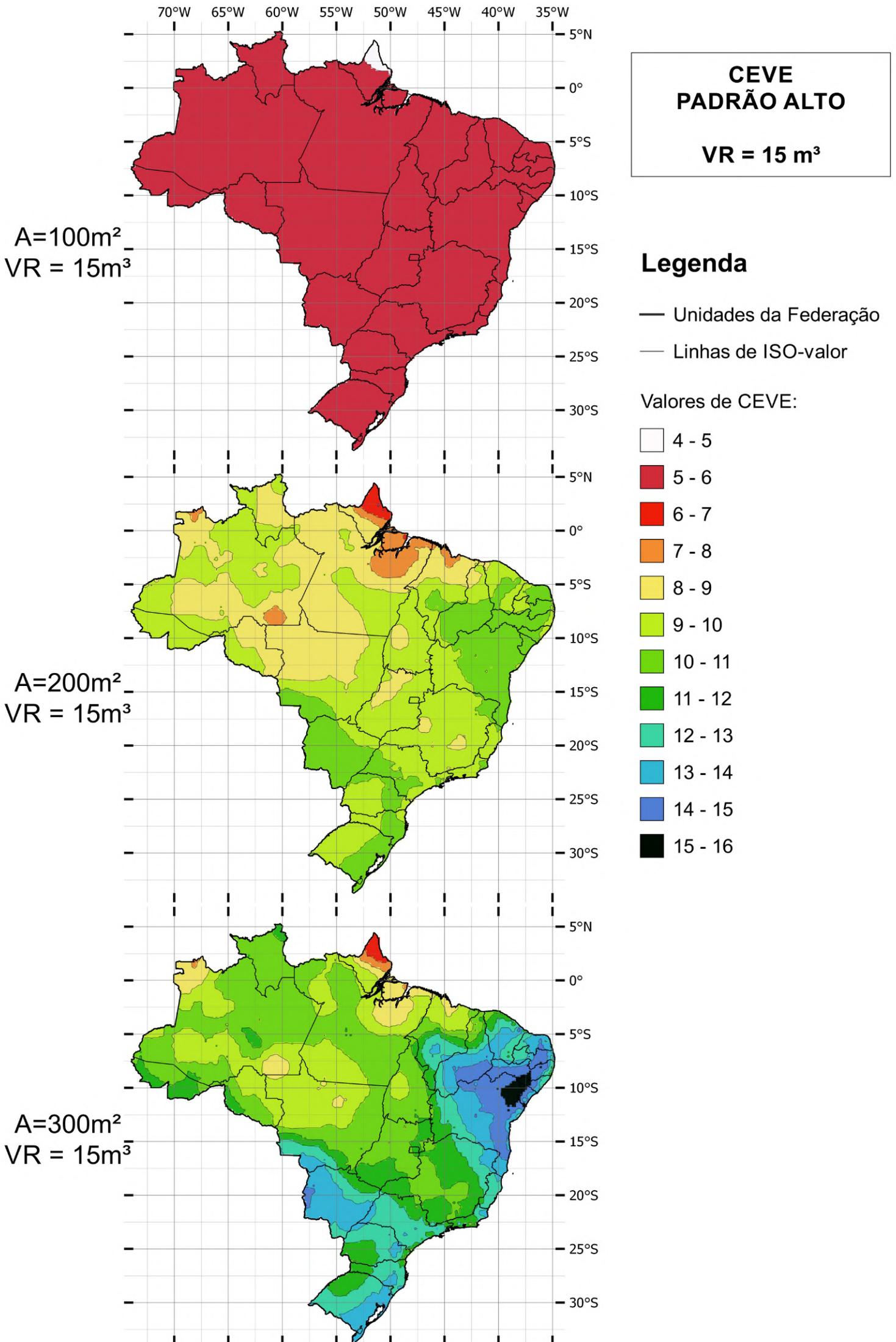


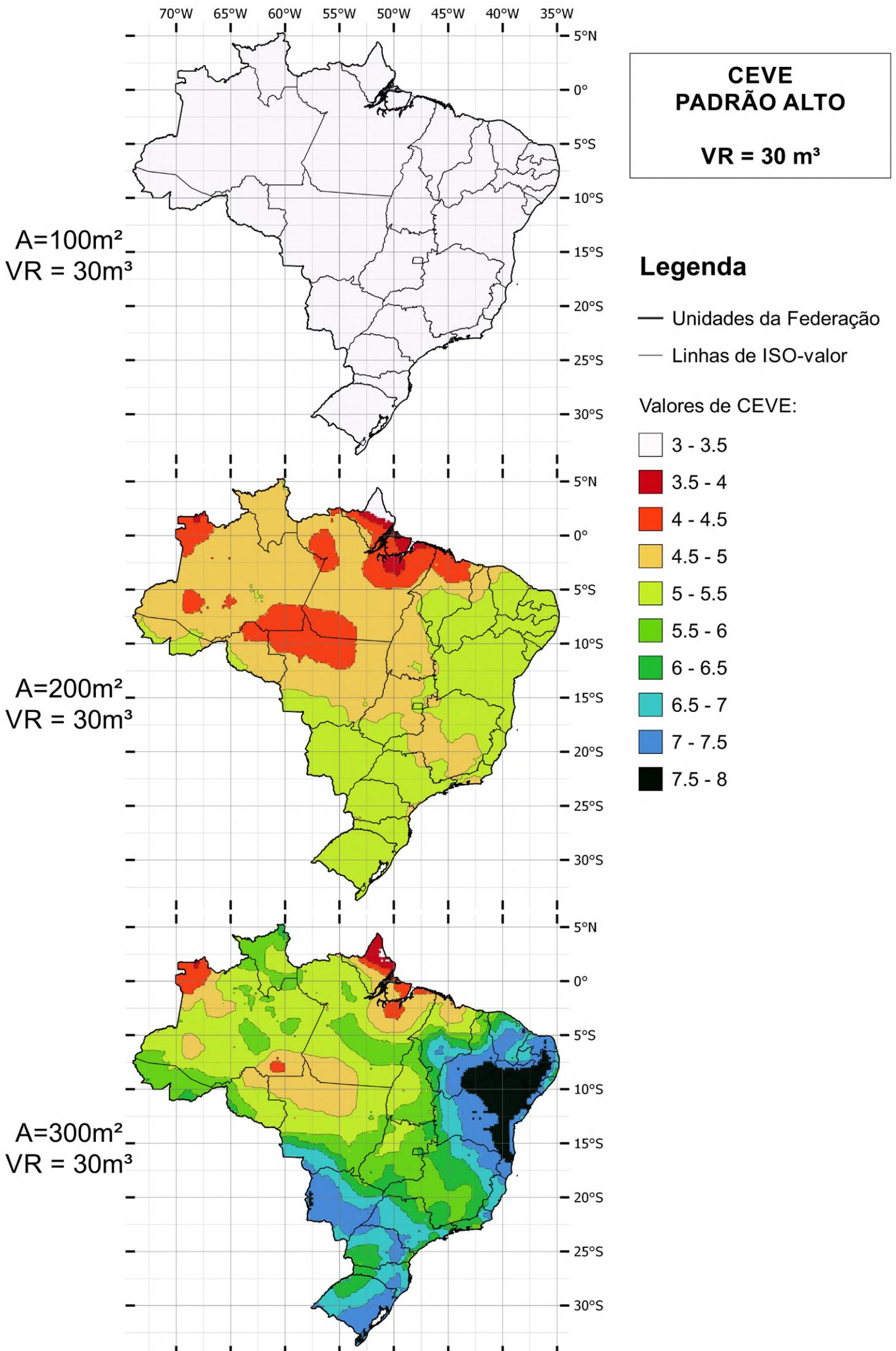












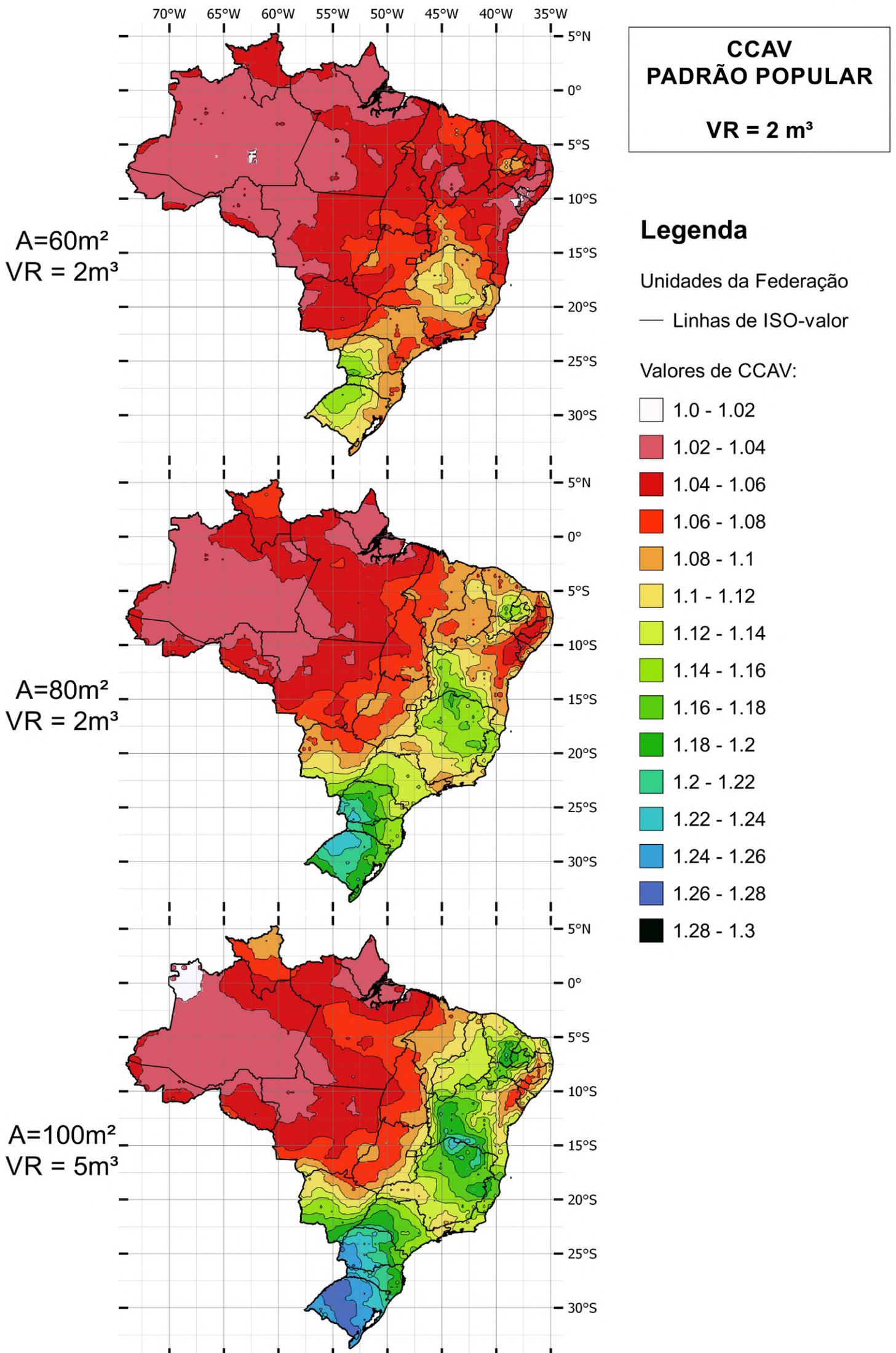
## CCAV

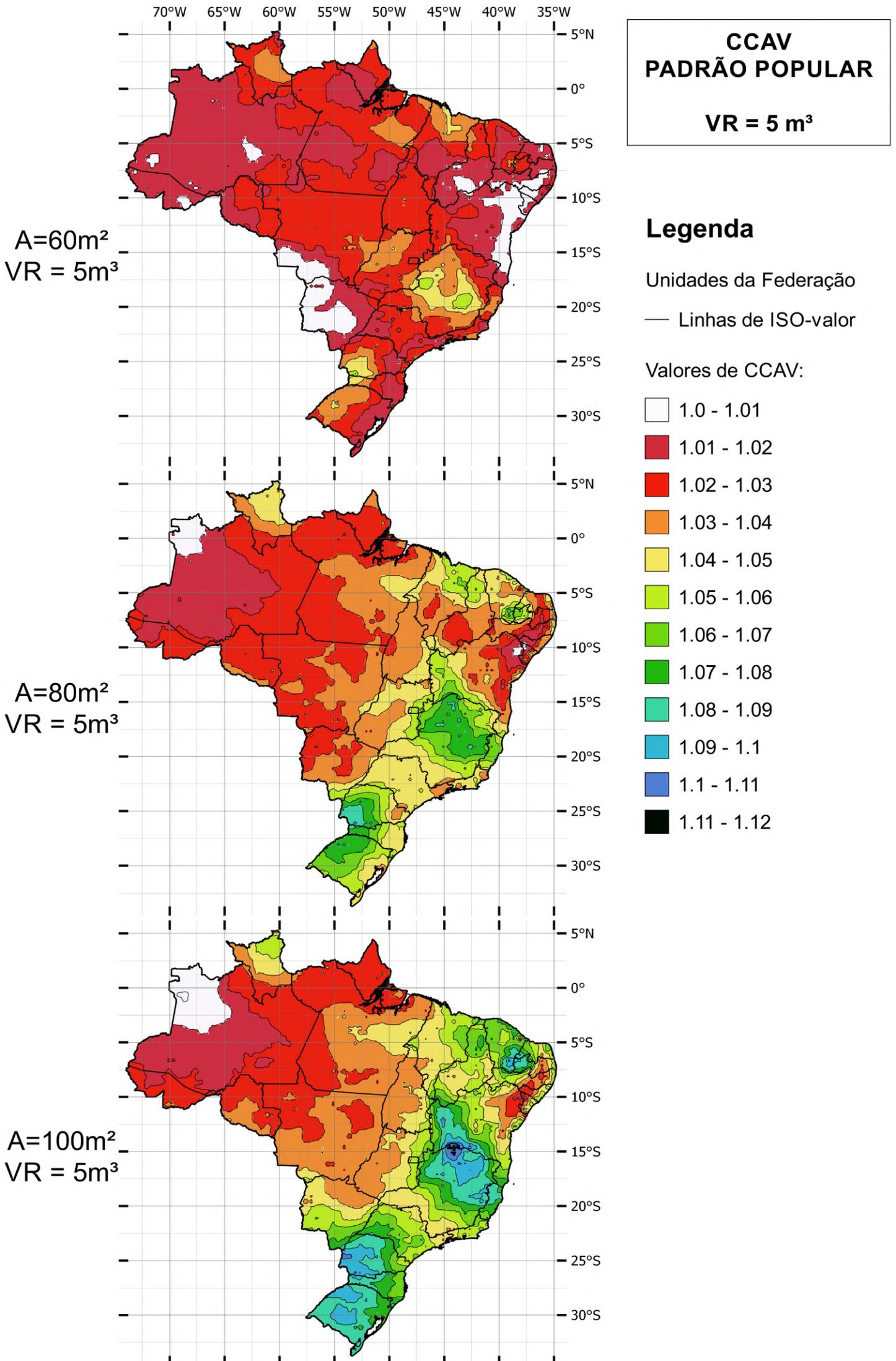
Informações sobre curvas de Iso-valor:

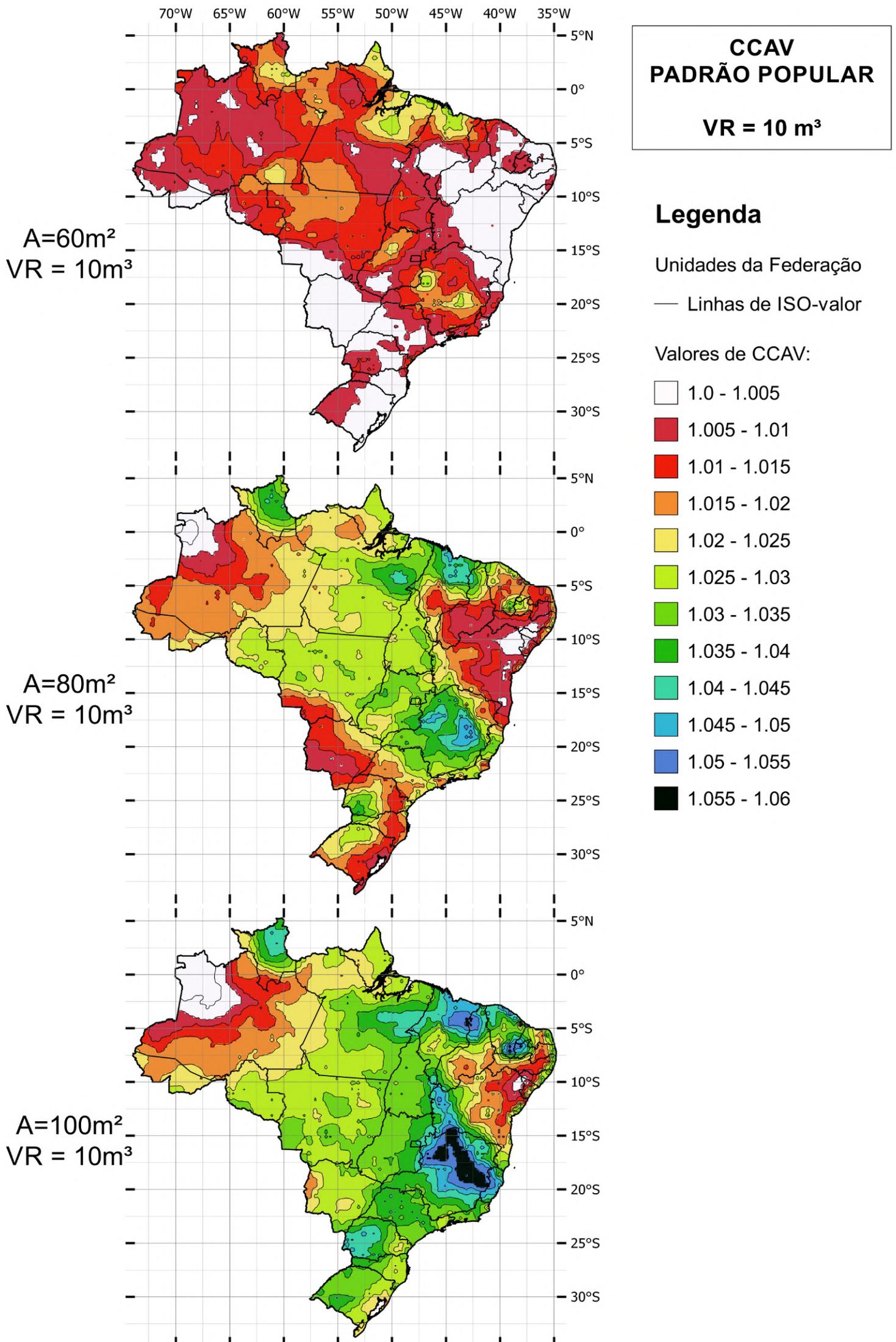
<b>Padrão Popular</b>			
Volume do Reservatório	Intervalo	Amplitude da Classe	Nº de Classes
30	1 a 1,07	0,01	7
15	1 a 1,12	0,01	12
10	1 a 1,16	0,02	8
5	1 a 1,3	0,025	12
2	1 a 1,7	0,05	14

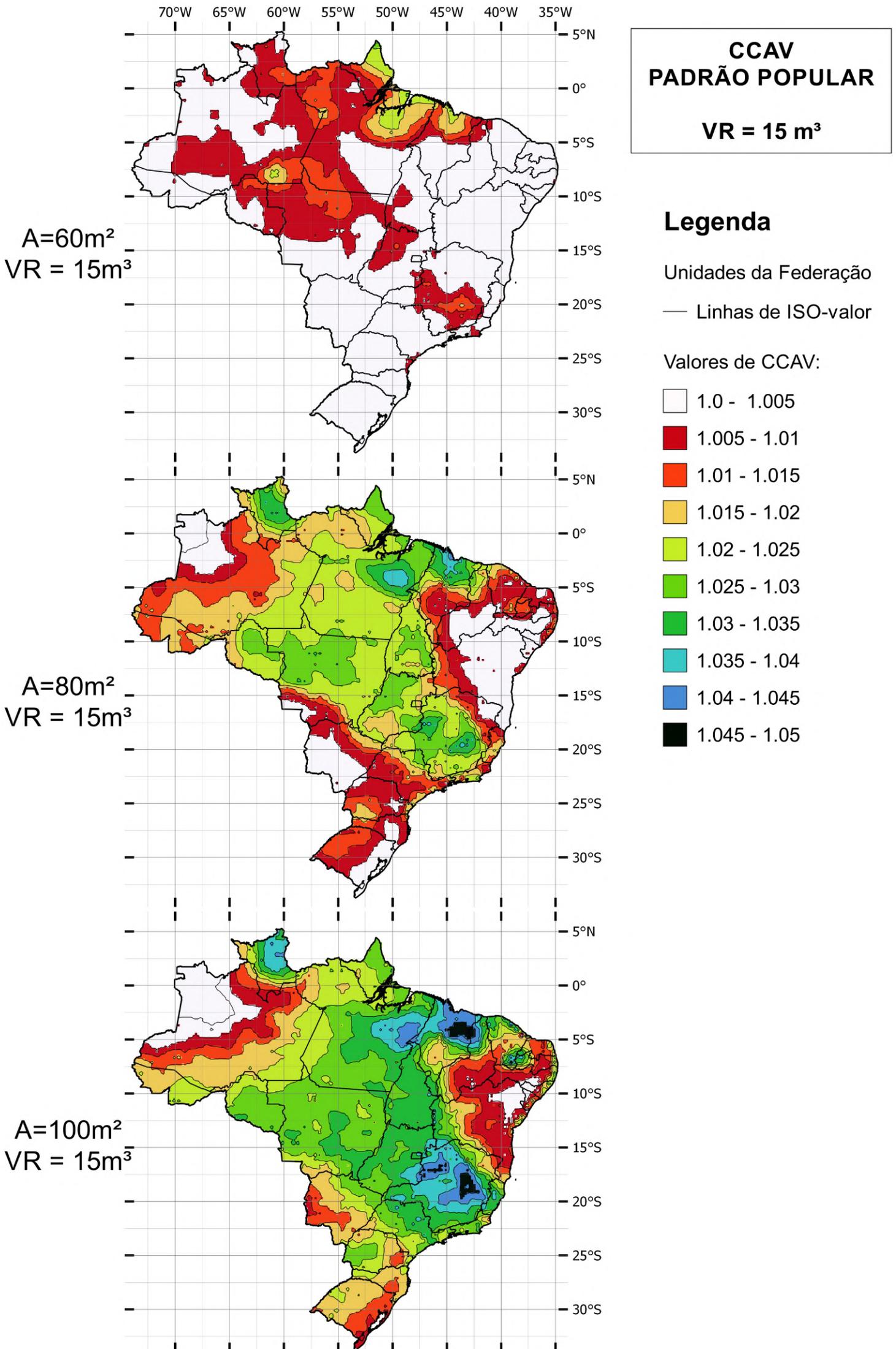
<b>Padrão Médio</b>			
Volume do Reservatório	Intervalo	Iso-valor	Nº de Classes
30	1 a 1,05	0,01	5
15	1 a 1,07	0,01	7
10	1 a 1,10	0,01	10
5	1 a 1,18	0,02	10
2	1 a 1,4	0,04	10

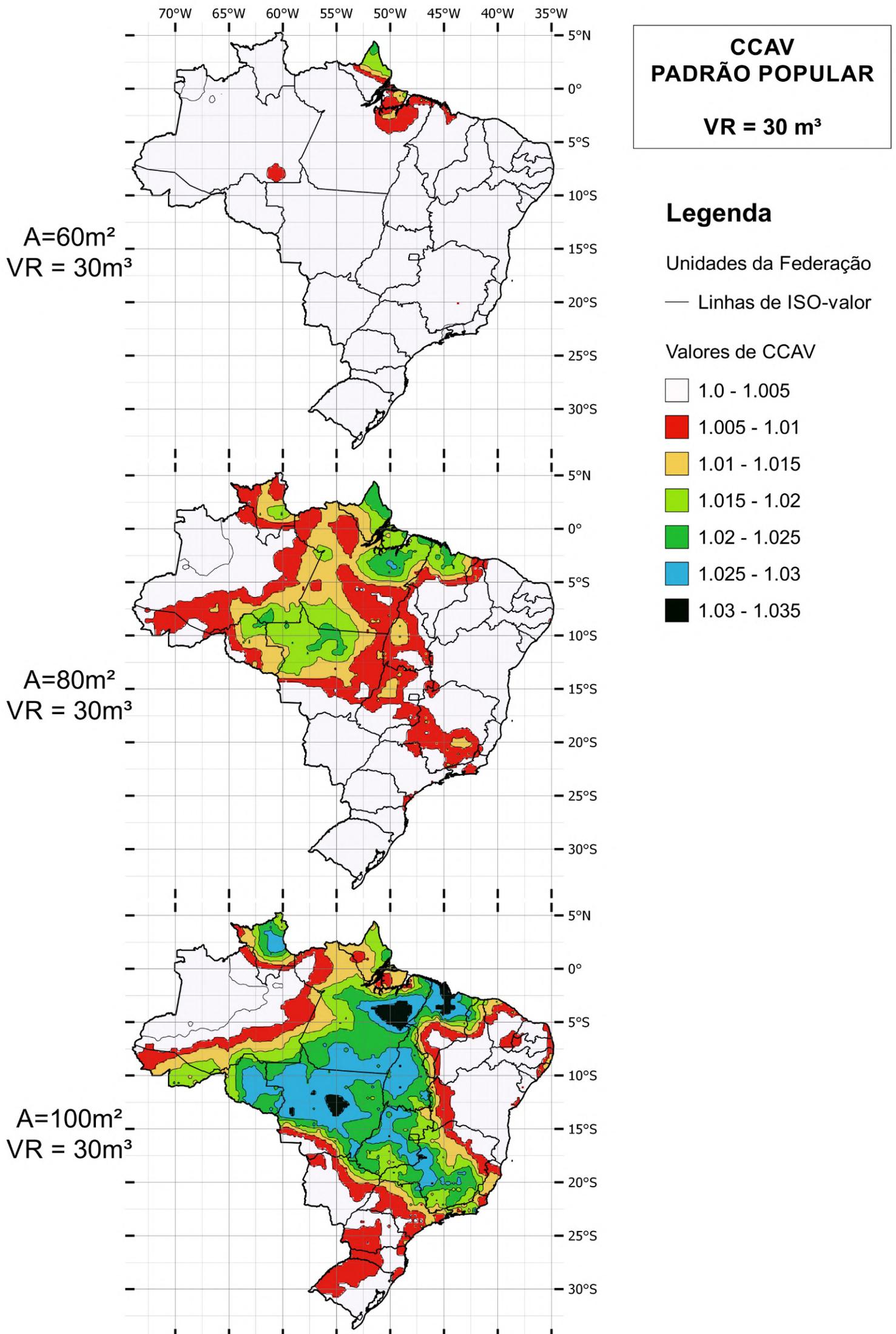
<b>Padrão Alto</b>			
Volume do Reservatório	Intervalo	Iso-valor	Nº de Classes
30	1 a 1,07	0,001	7
15	1 a 1,12	0,001	12
10	1 a 1,16	0,005	8
5	1 a 1,3	0,025	12
2	1 a 1,7	0,05	14

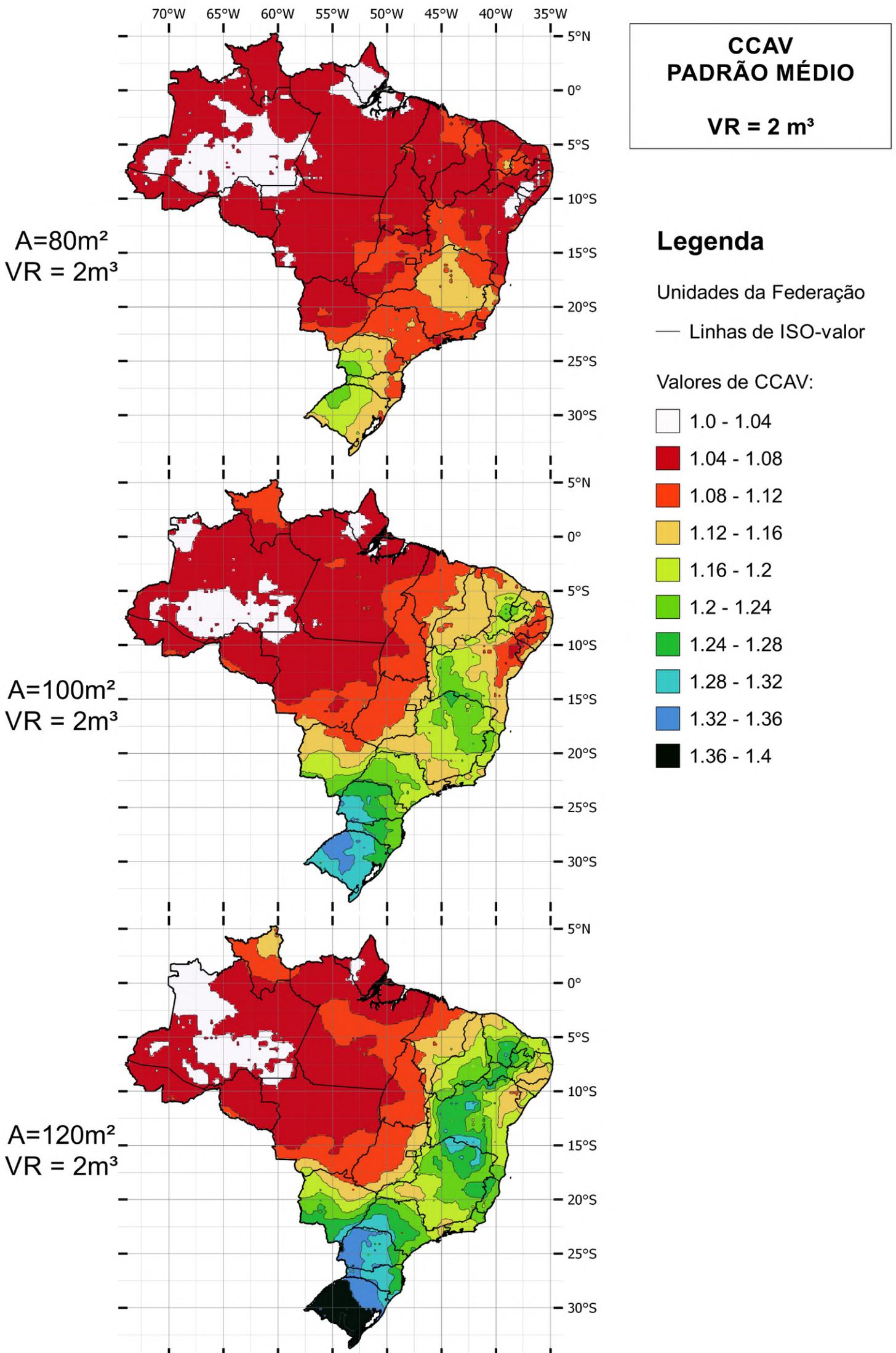


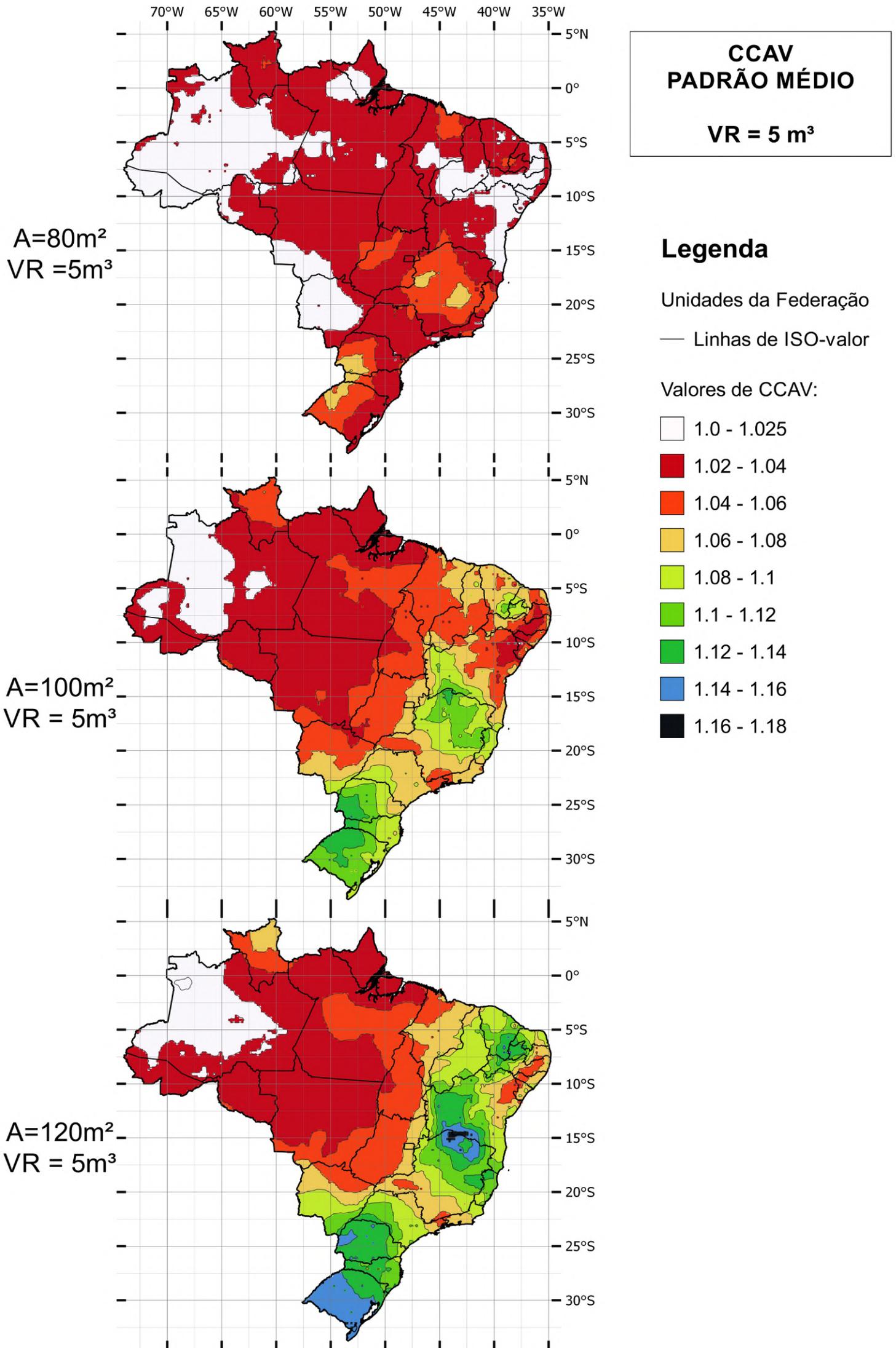


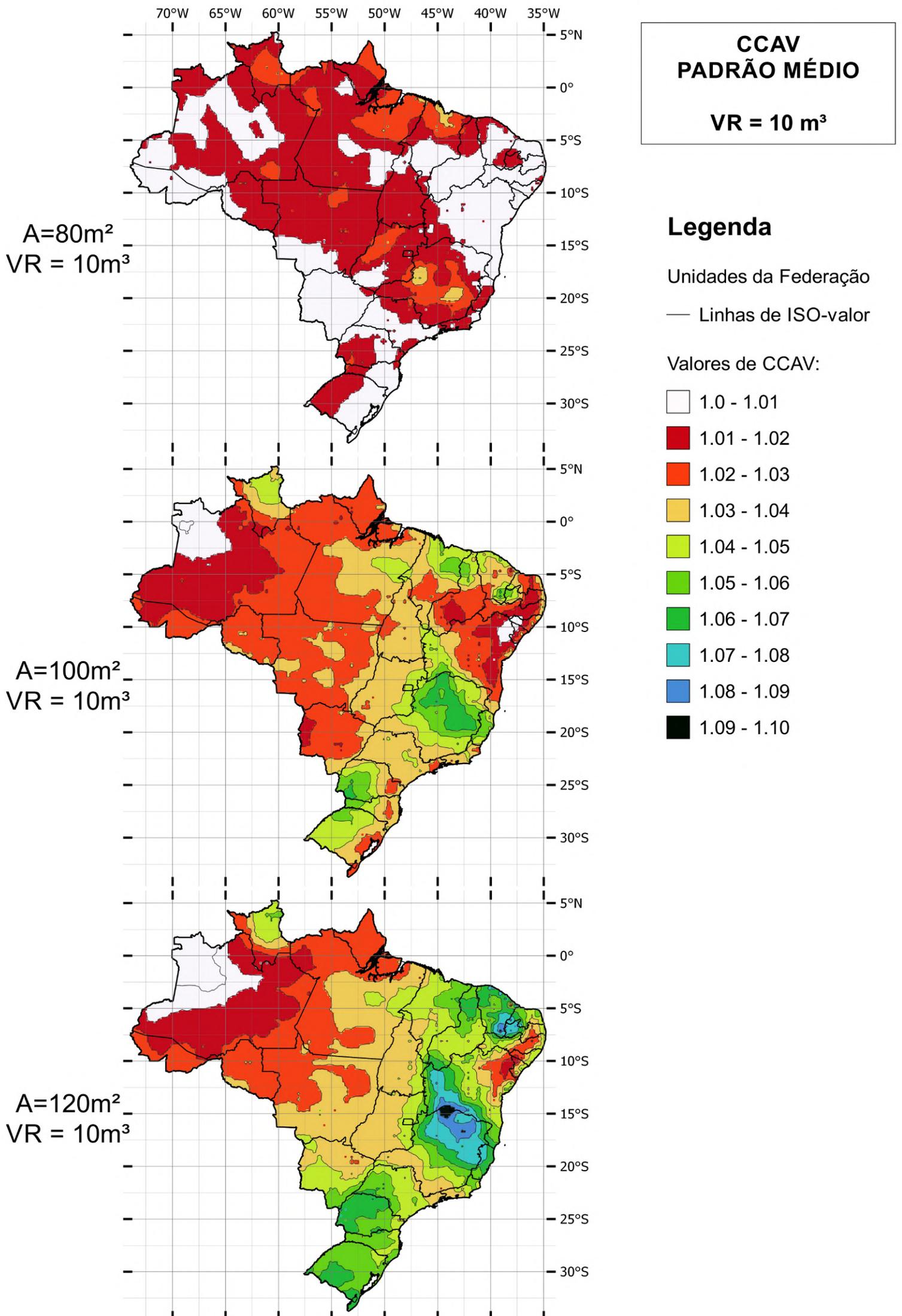


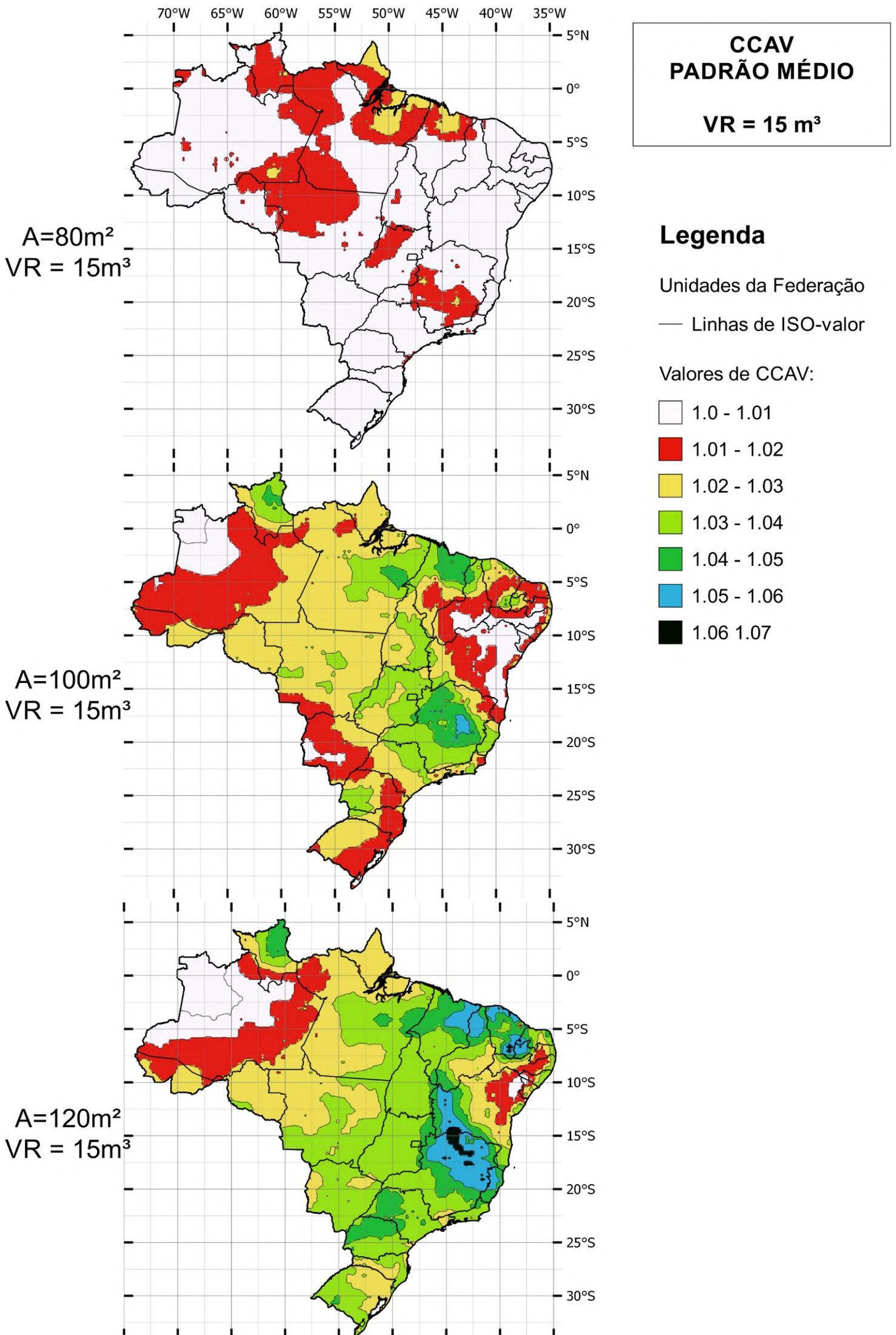


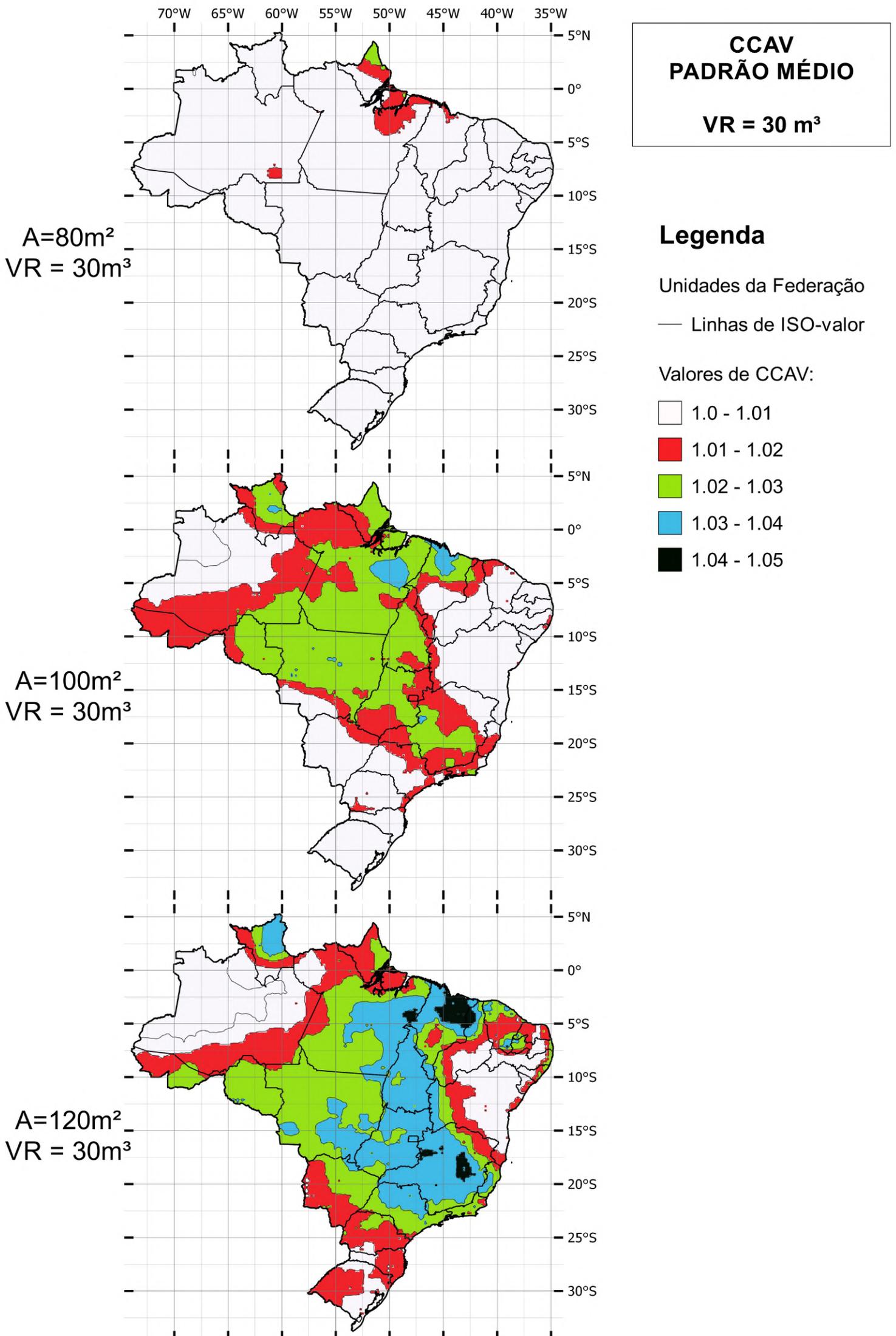


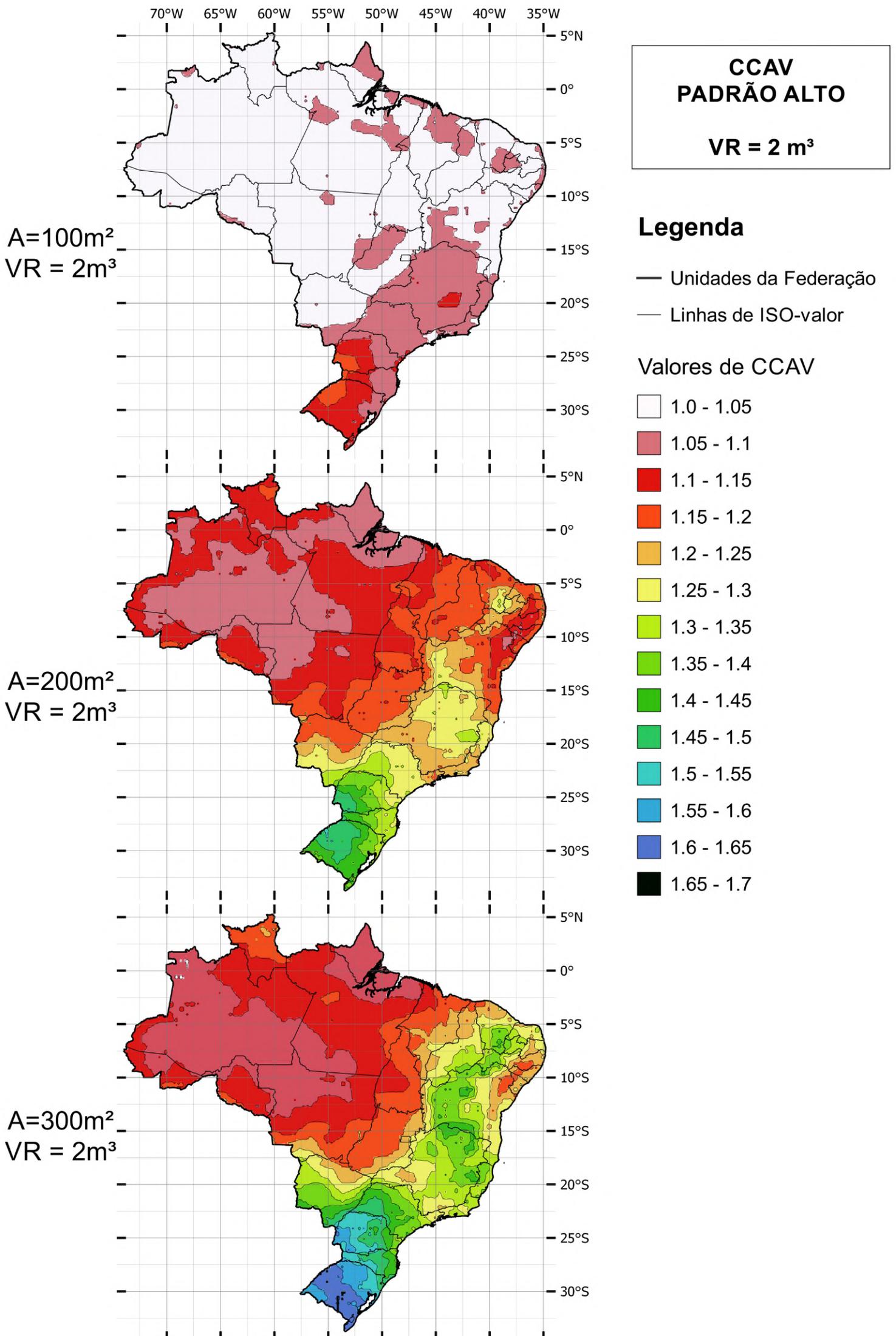


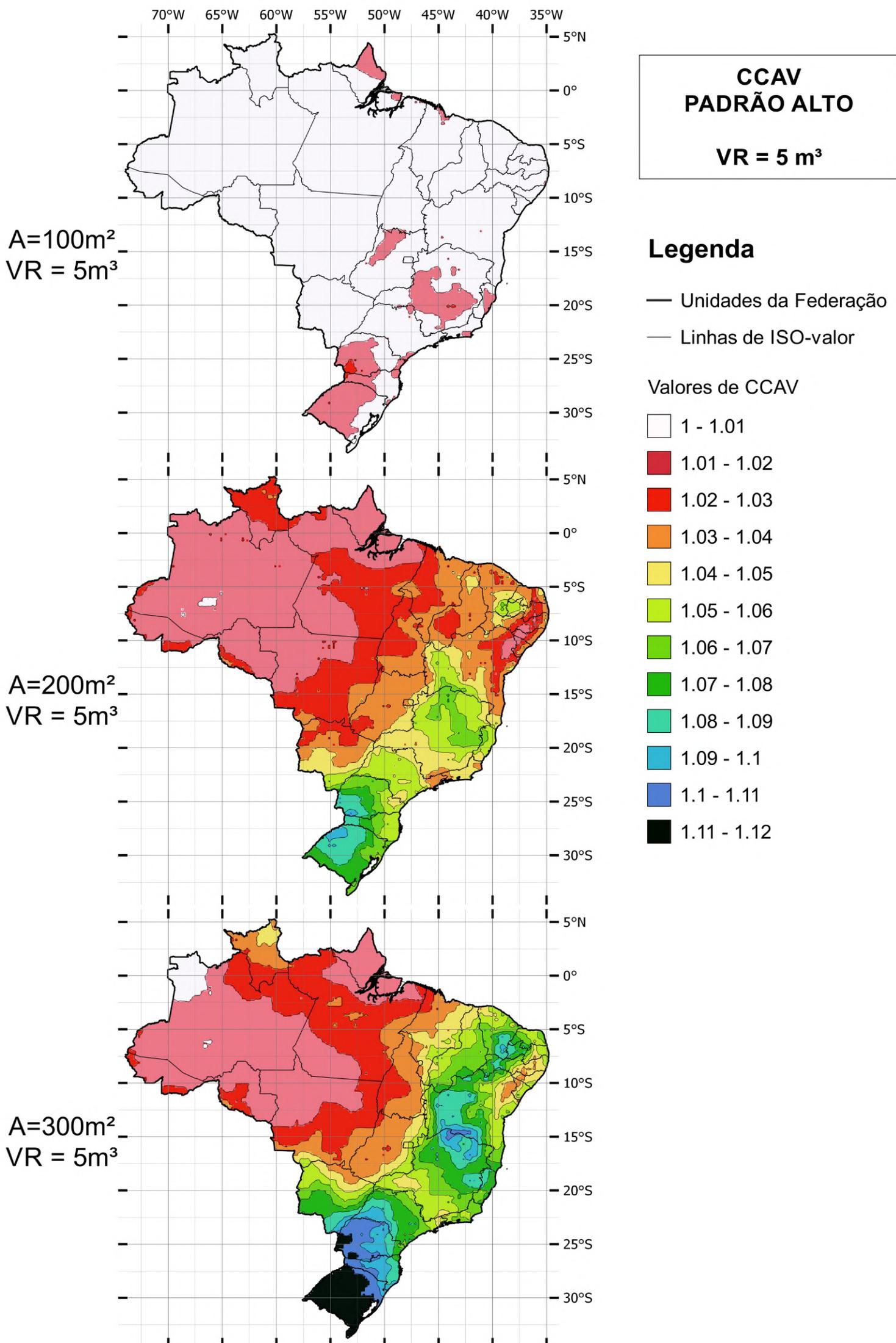


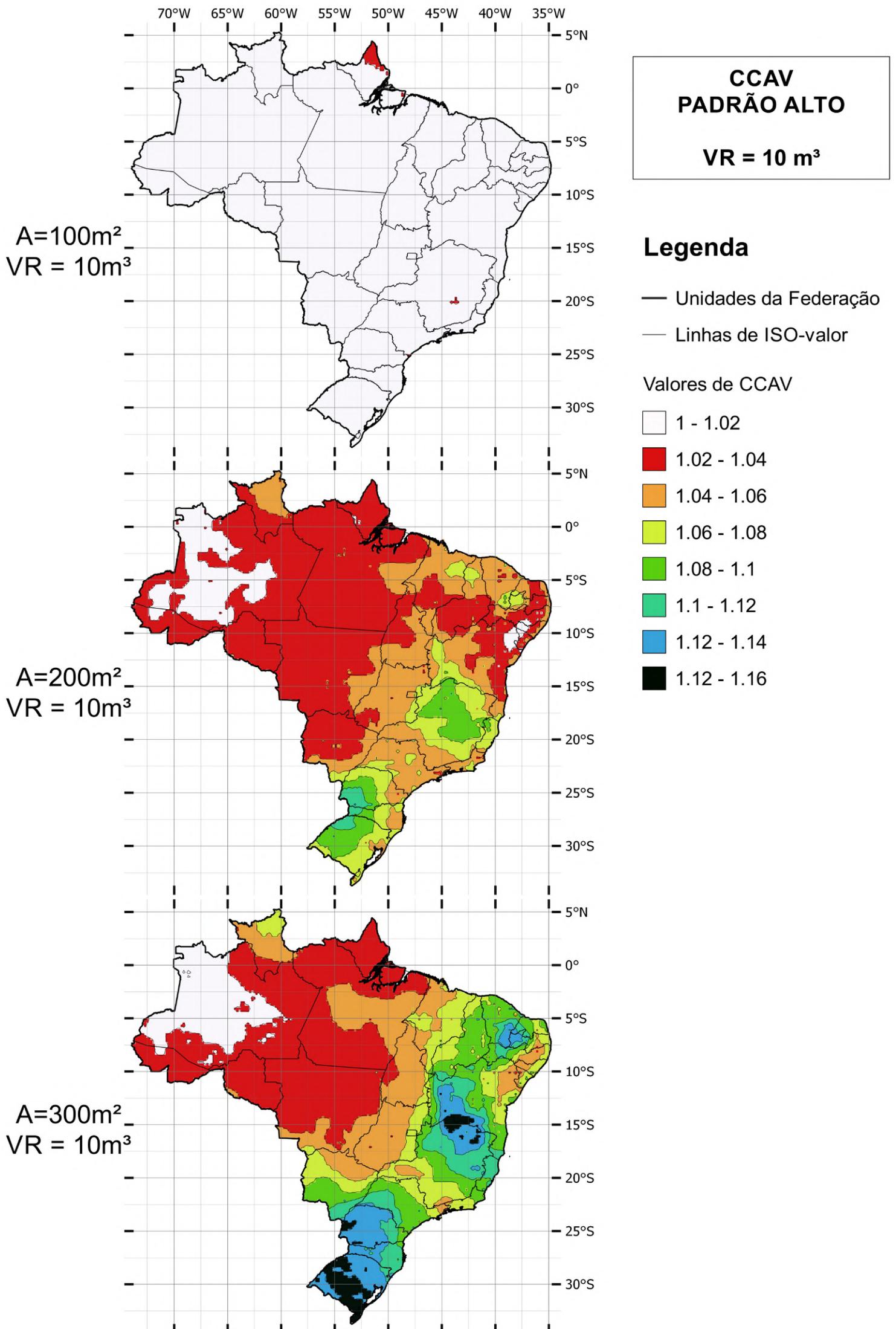


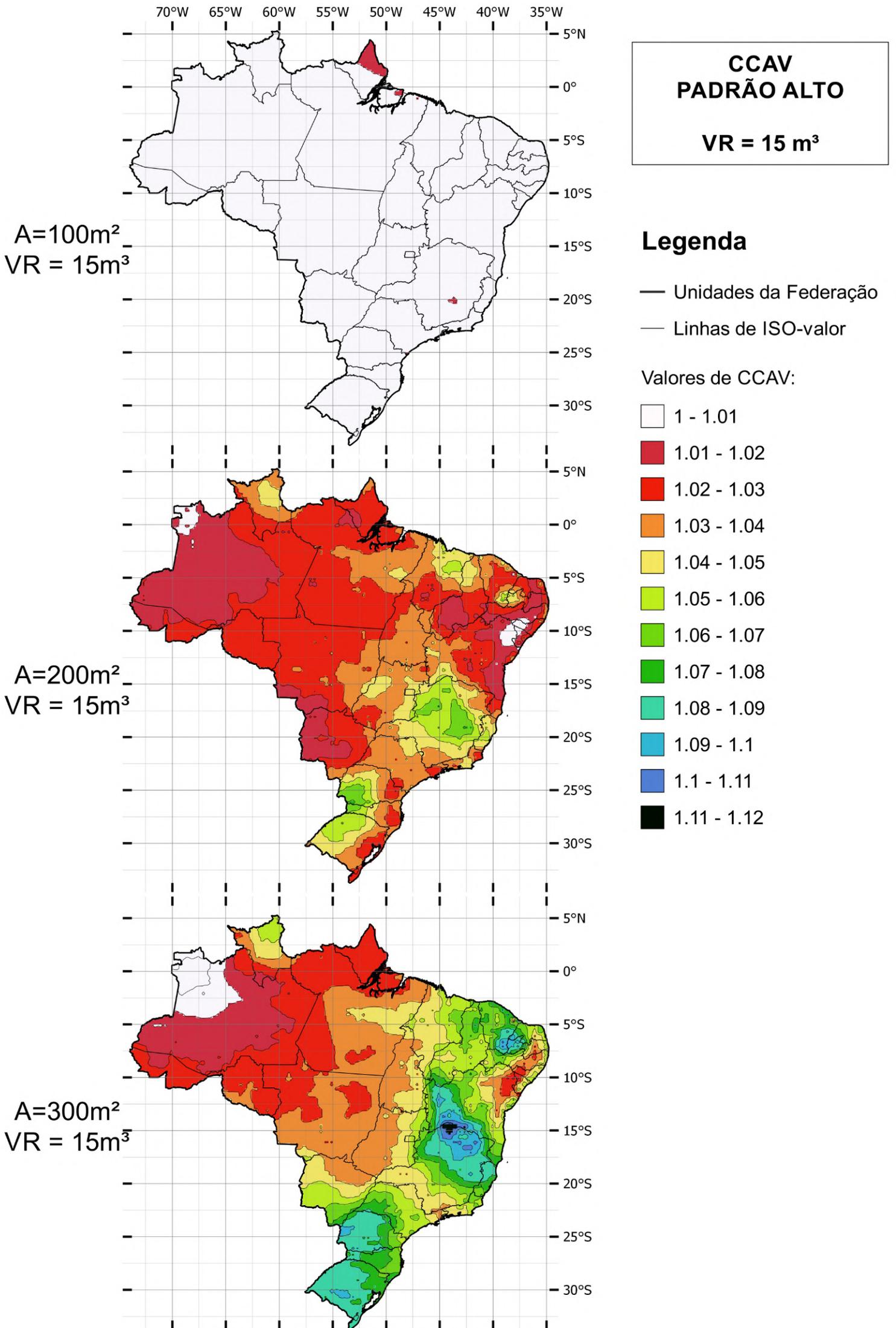


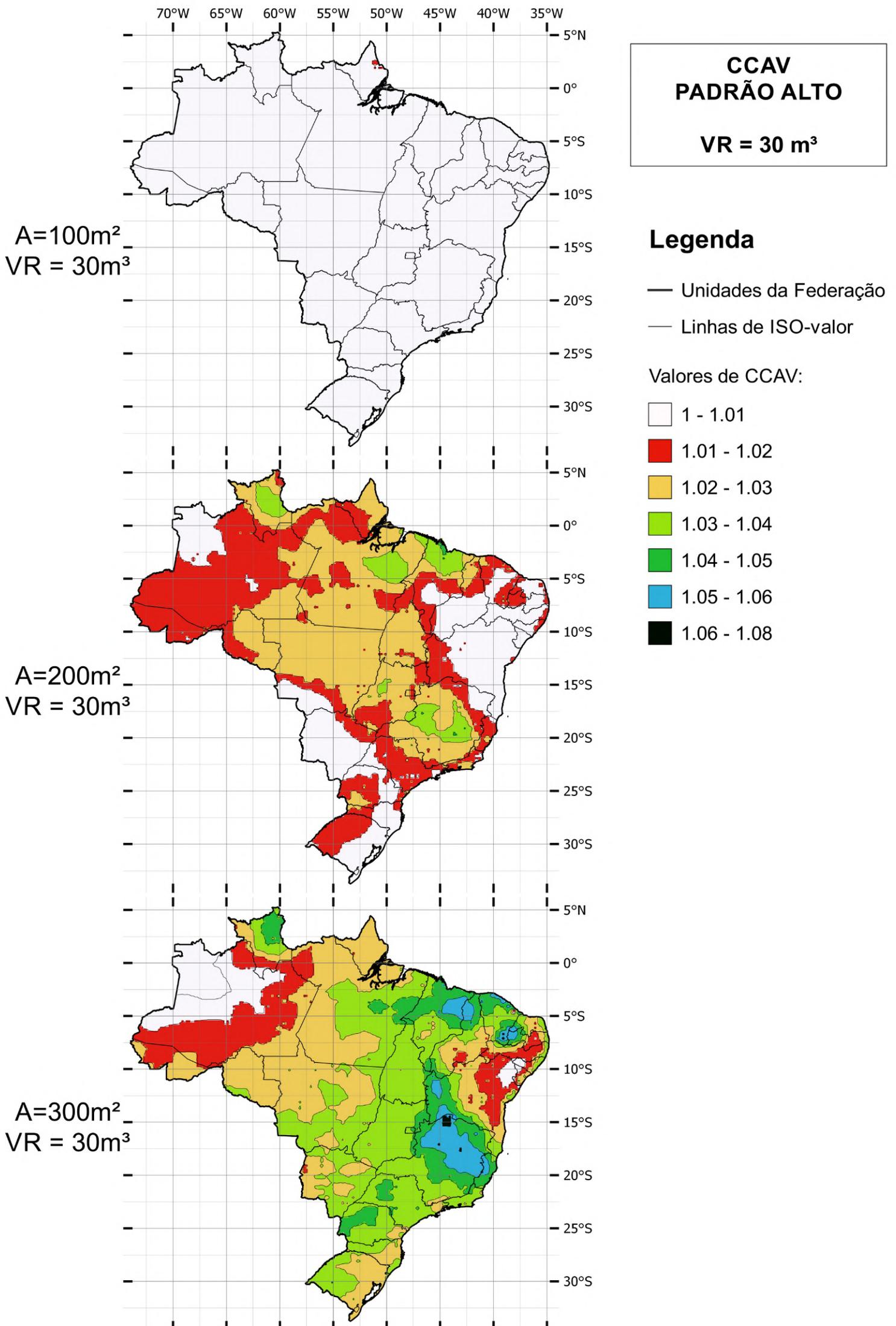












## APÊNDICE C

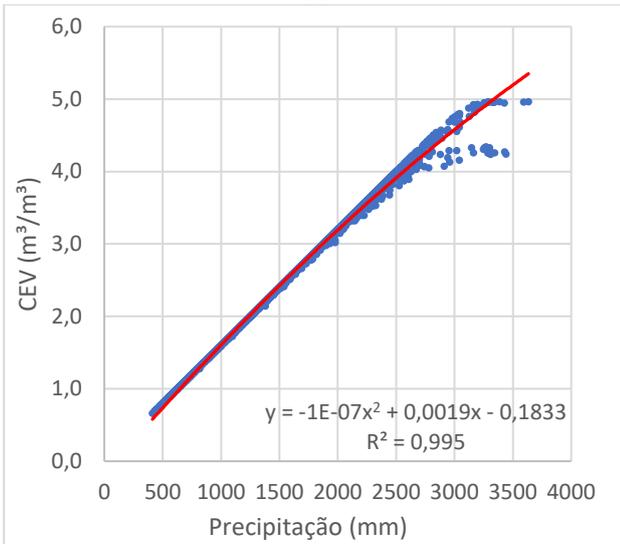
<b>Painéis de Gráficos</b>	<b>Página</b>
• <b>Gráficos CEV</b>	<b>155</b>
• <b>Gráficos CEVE</b>	<b>164</b>
• <b>Gráficos CCAV</b>	<b>173</b>

**Correlação CEV x PRECIPITAÇÃO**

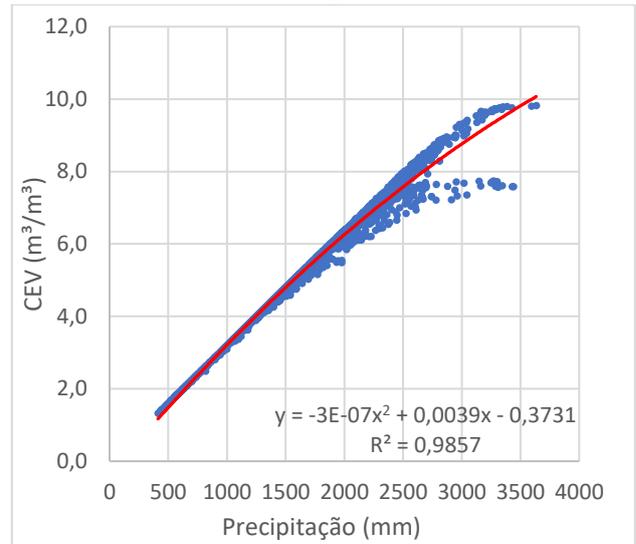
**PADRÃO POPULAR**

**Ac = 60m<sup>2</sup>**

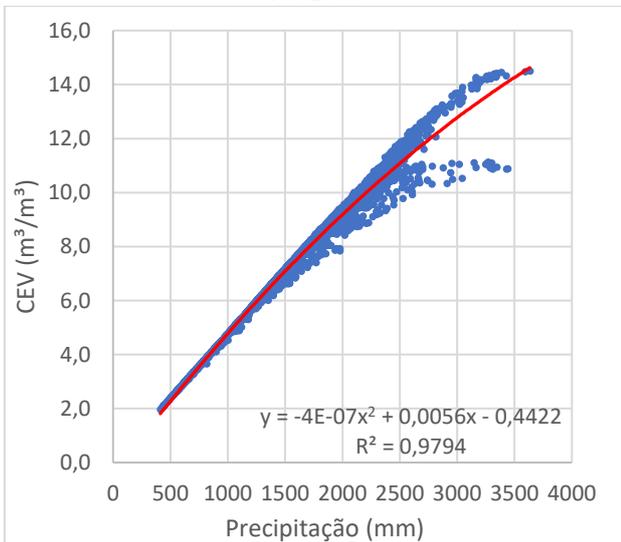
**VR=30m<sup>3</sup>**



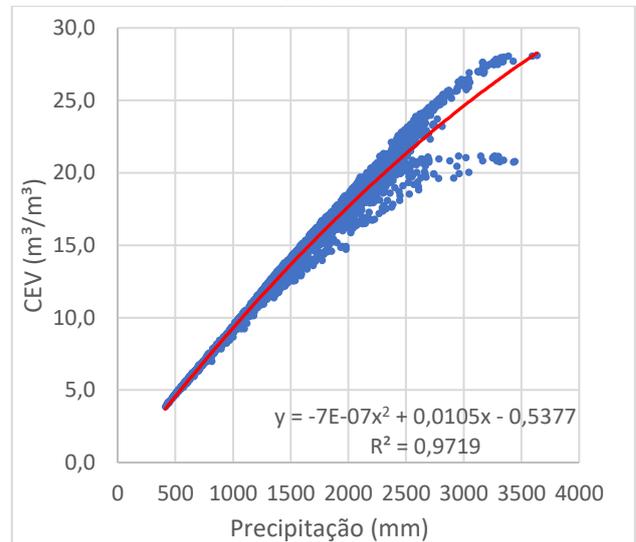
**VR=15m<sup>3</sup>**



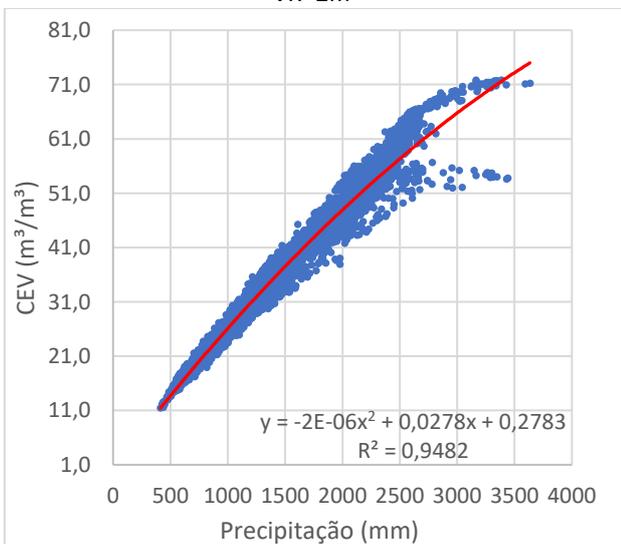
**VR=10m<sup>3</sup>**



**VR=5m<sup>3</sup>**



**VR=2m<sup>3</sup>**



**Legenda:**

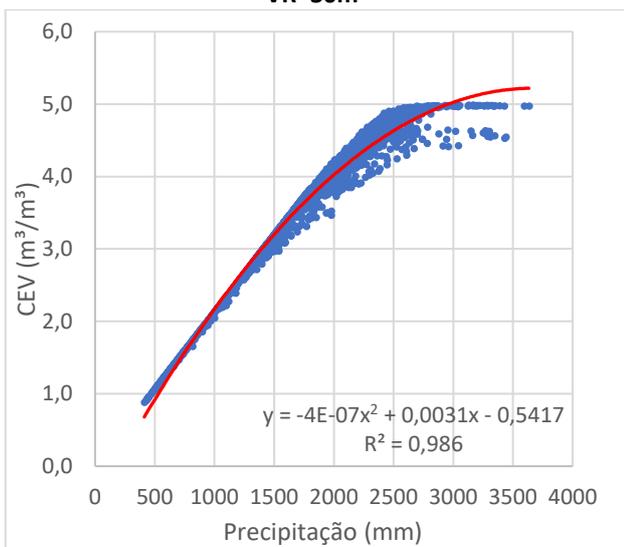


**Pontos de Correlação**  
(CEV x Precipitação média anual)

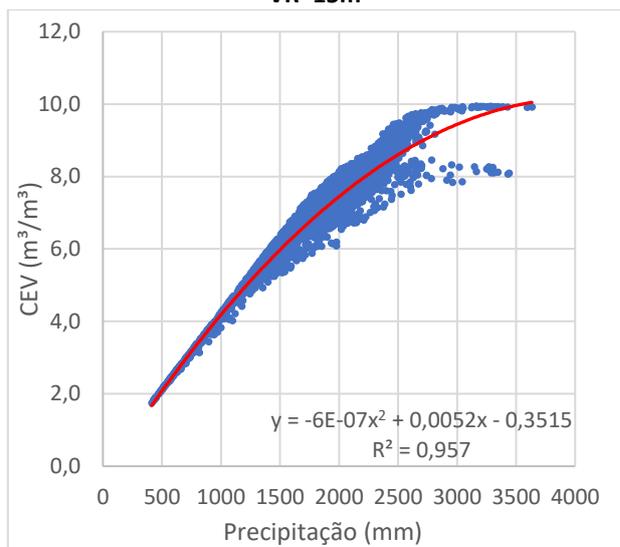


**Linha de Tendência**  
(Polinomial 2° Grau)

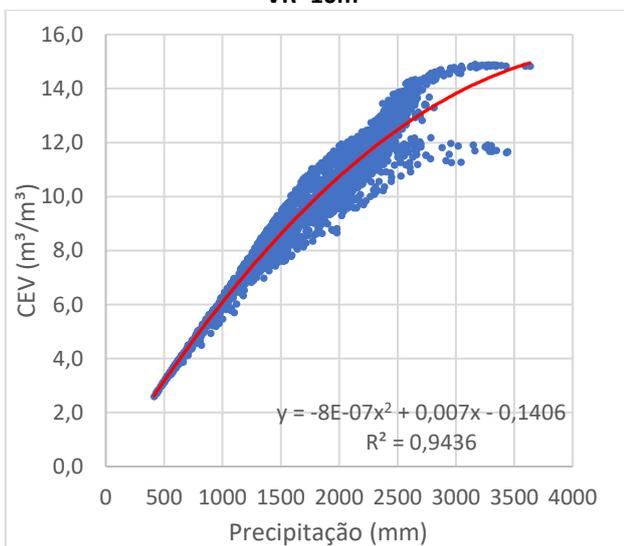
**VR=30m<sup>3</sup>**



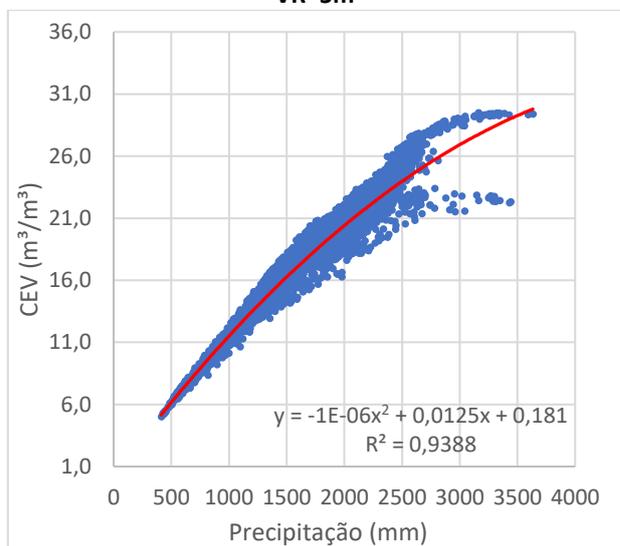
**VR=15m<sup>3</sup>**



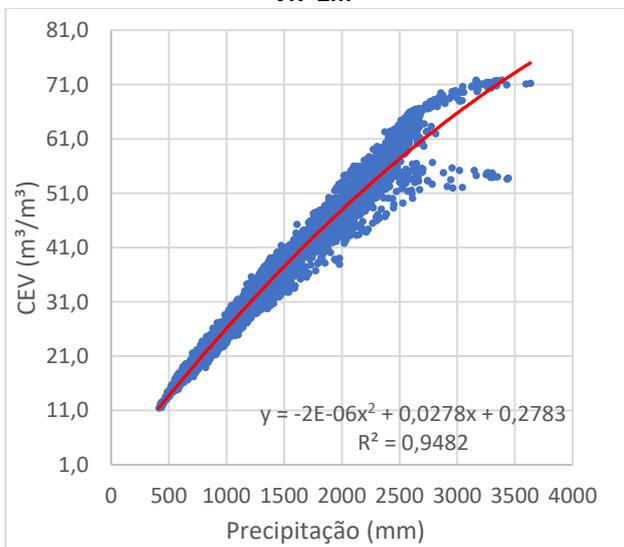
**VR=10m<sup>3</sup>**



**VR=5m<sup>3</sup>**



**VR=2m<sup>3</sup>**



**Legenda:**

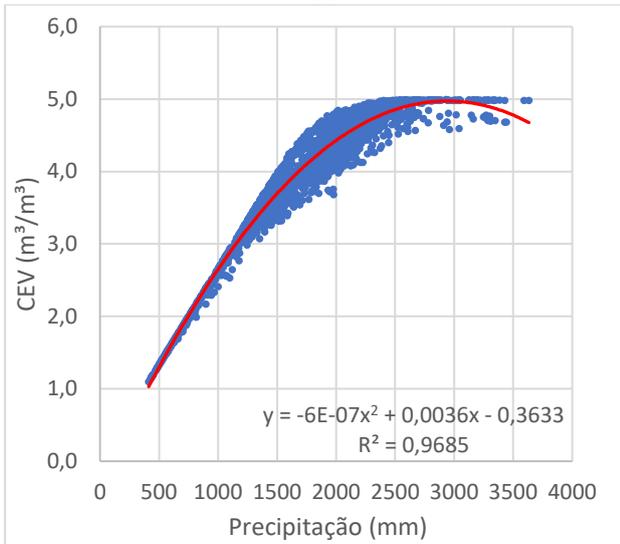


**Pontos de Correlação**  
 (CEV x Precipitação média anual)

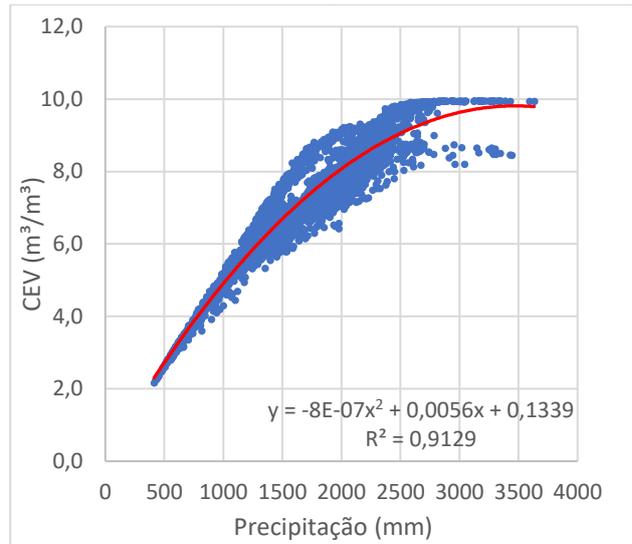


**Linha de Tendência**  
 (Polinomial 2º Grau)

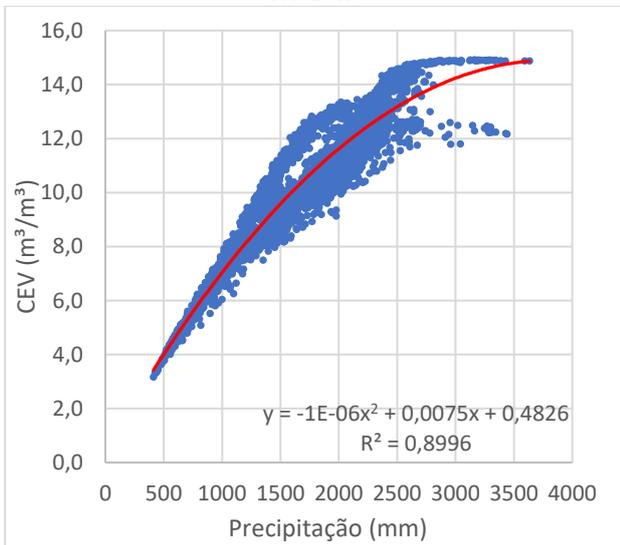
**VR=30m<sup>3</sup>**



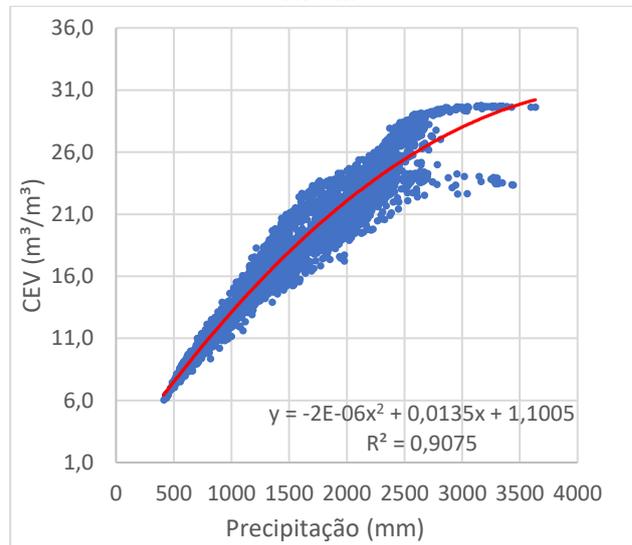
**VR=15m<sup>3</sup>**



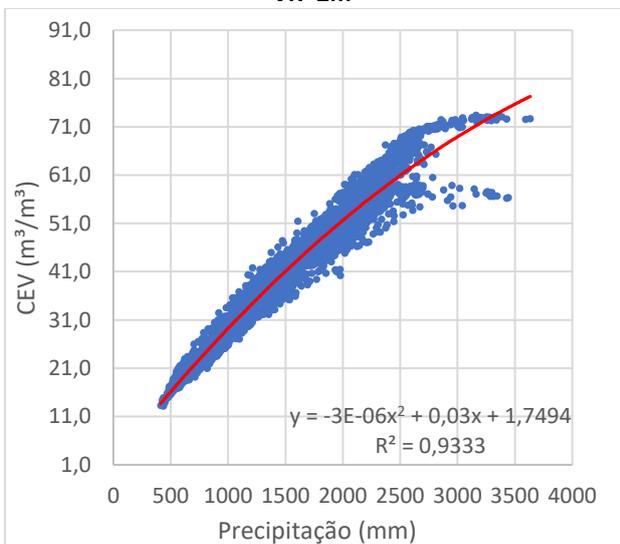
**VR=10m<sup>3</sup>**



**VR=5m<sup>3</sup>**



**VR=2m<sup>3</sup>**



**Legenda:**

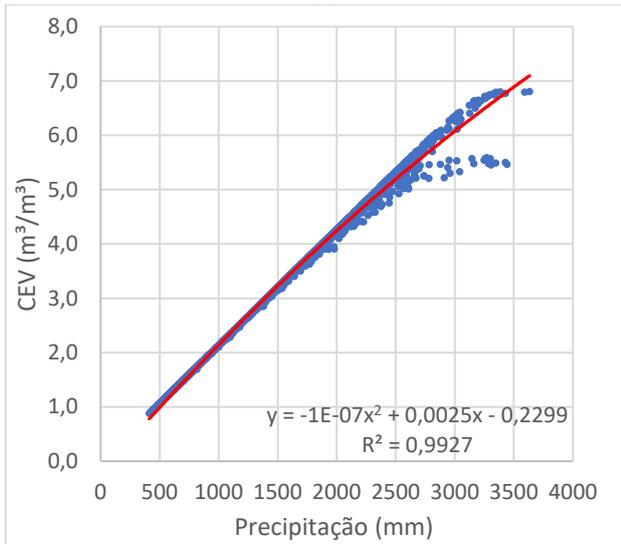


**Pontos de Correlação**  
 (CEV x Precipitação média anual)

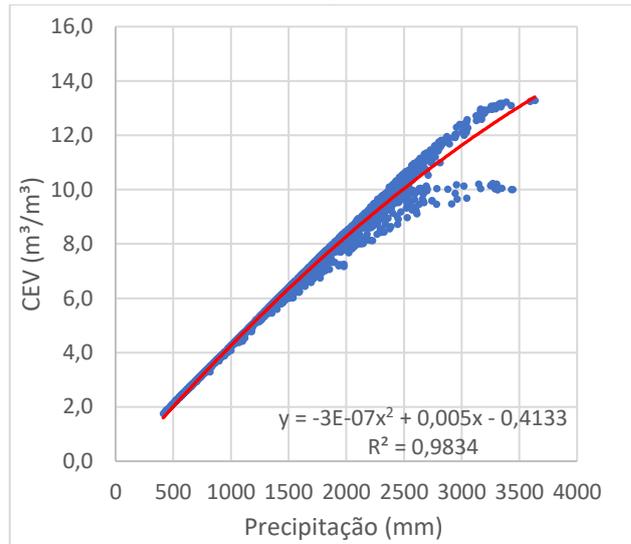


**Linha de Tendência**  
 (Polinomial 2º Grau)

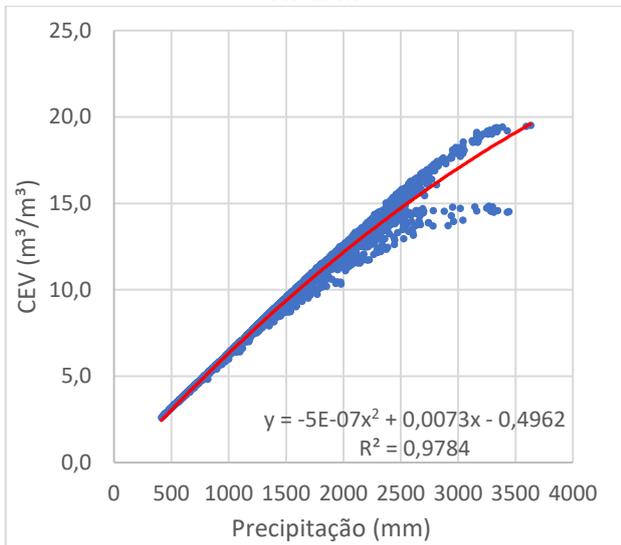
**VR=30m<sup>3</sup>**



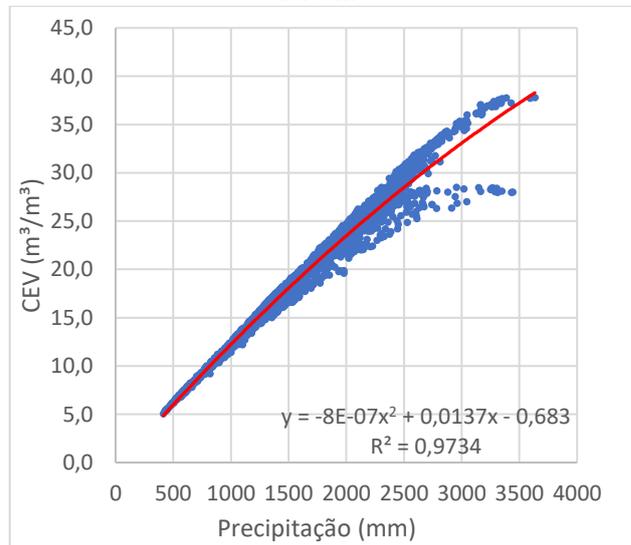
**VR=15m<sup>3</sup>**



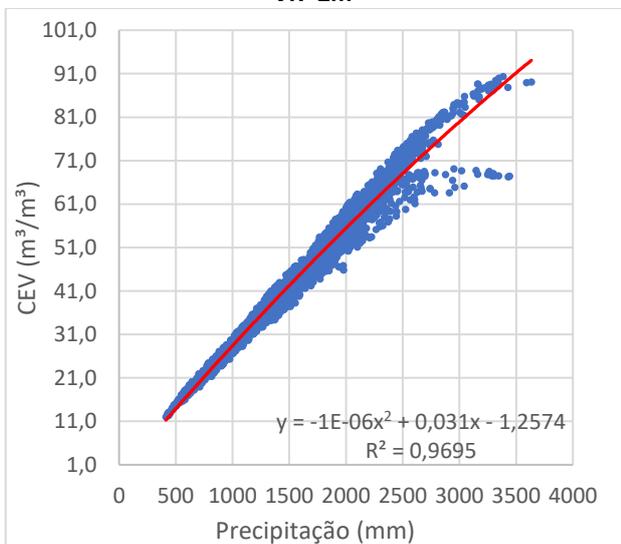
**VR=10m<sup>3</sup>**



**VR=5m<sup>3</sup>**



**VR=2m<sup>3</sup>**



**Legenda:**



**Pontos de Correlação**  
(CEV x Precipitação média anual)



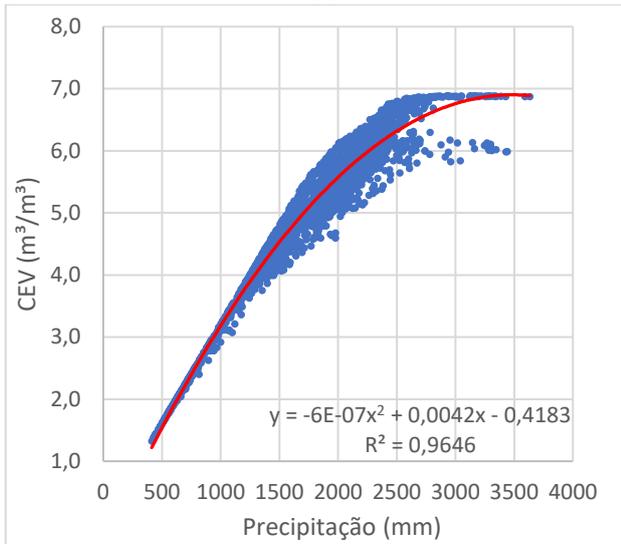
**Linha de Tendência**  
(Polinomial 2º Grau)

# Correlação CEV x PRECIPITAÇÃO

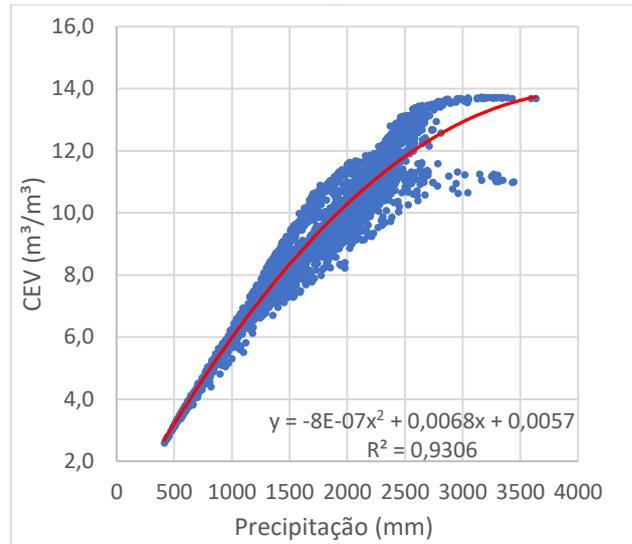
# PADRÃO MÉDIO

Ac = 100m<sup>2</sup>

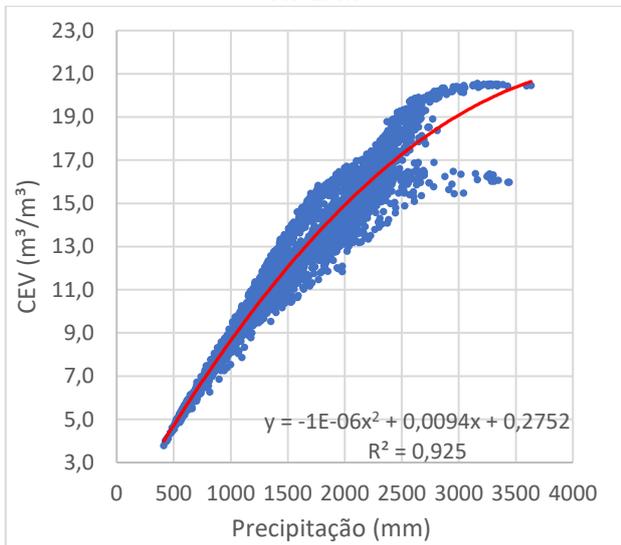
VR=30m<sup>3</sup>



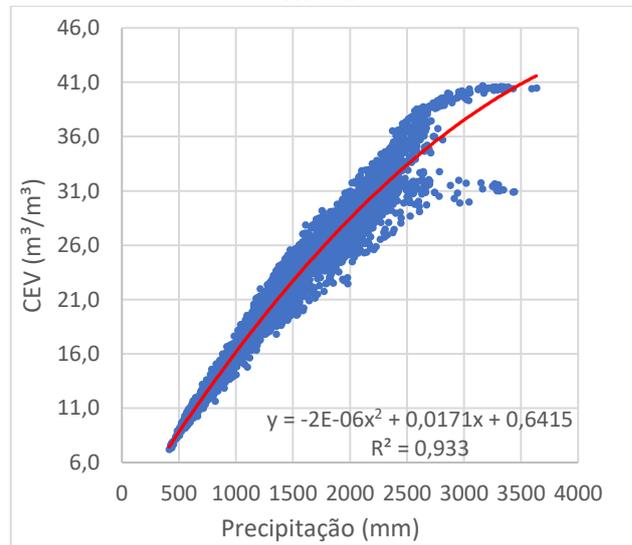
VR=15m<sup>3</sup>



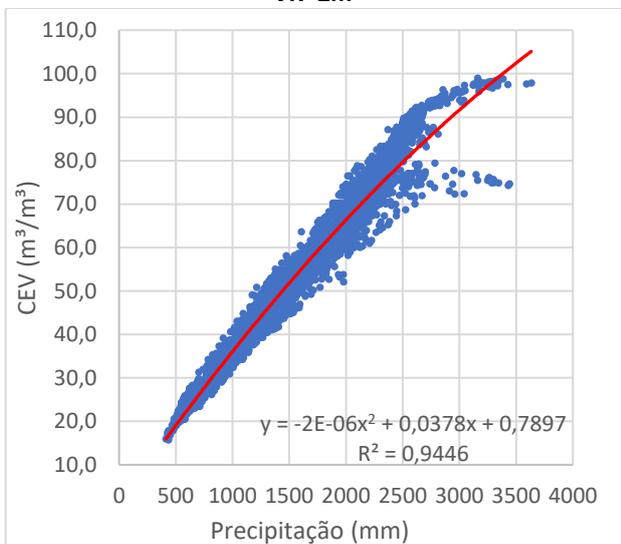
VR=10m<sup>3</sup>



VR=5m<sup>3</sup>



VR=2m<sup>3</sup>



## Legenda:



**Pontos de Correlação**  
(CEV x Precipitação média anual)



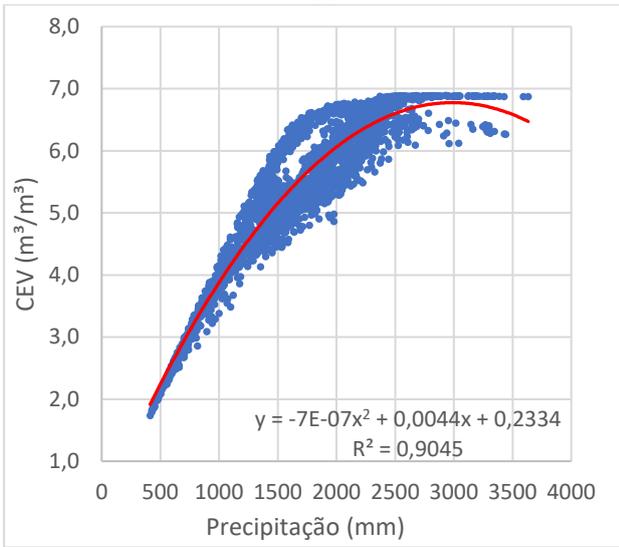
**Linha de Tendência**  
(Polinomial 2° Grau)

# Correlação CEV x PRECIPITAÇÃO

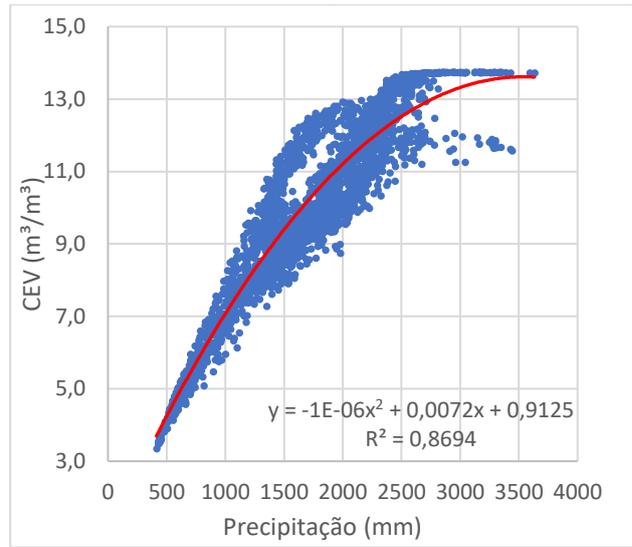
# PADRÃO MÉDIO

Ac = 120m<sup>2</sup>

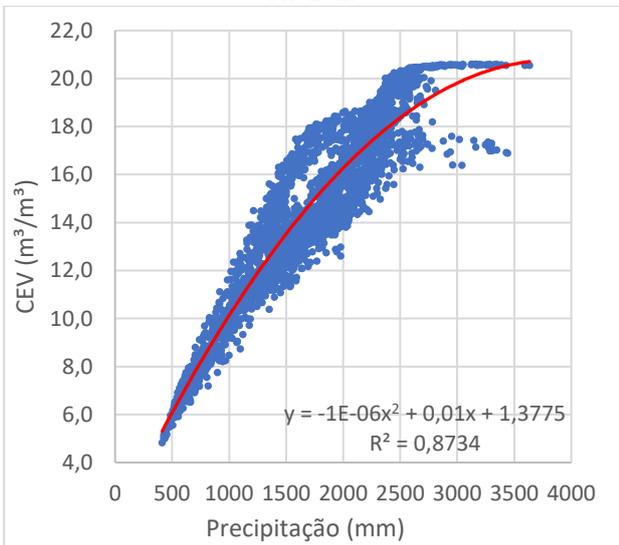
VR=30m<sup>3</sup>



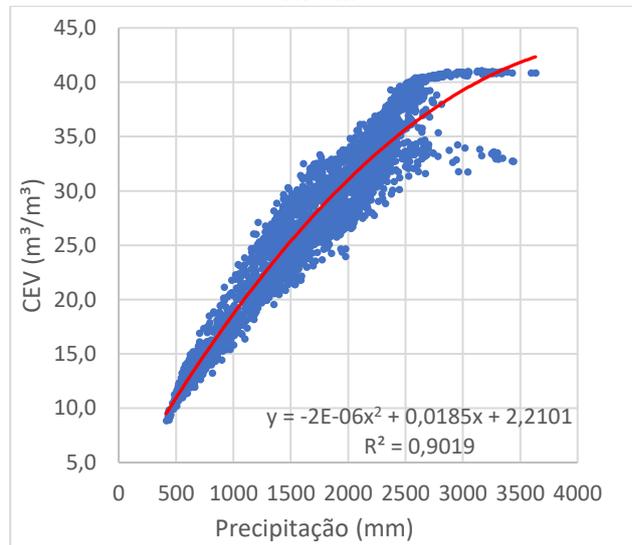
VR=15m<sup>3</sup>



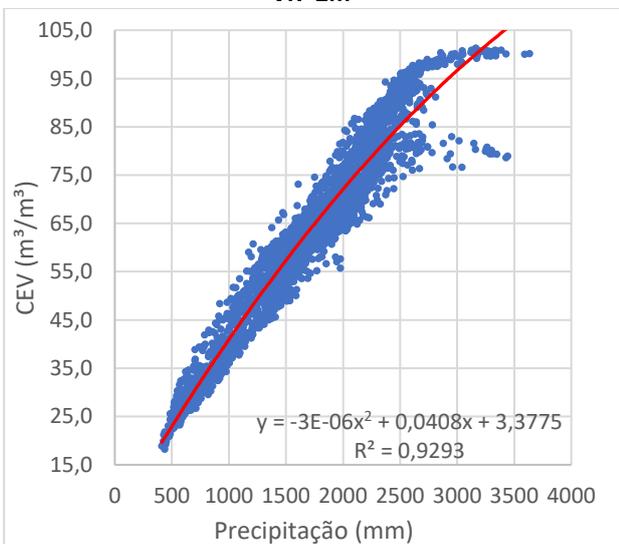
VR=10m<sup>3</sup>



VR=5m<sup>3</sup>



VR=2m<sup>3</sup>



## Legenda:

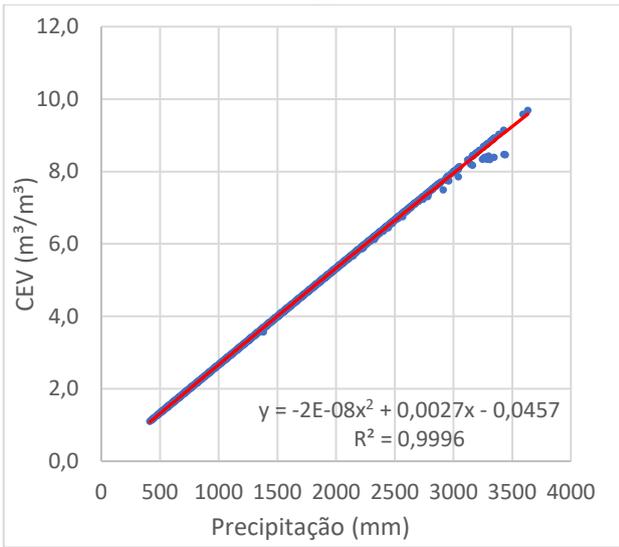


**Pontos de Correlação**  
(CEV x Precipitação média anual)

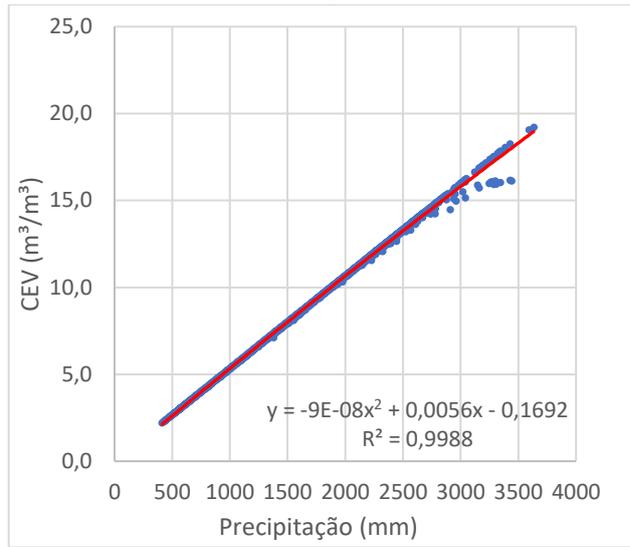


**Linha de Tendência**  
(Polinomial 2º Grau)

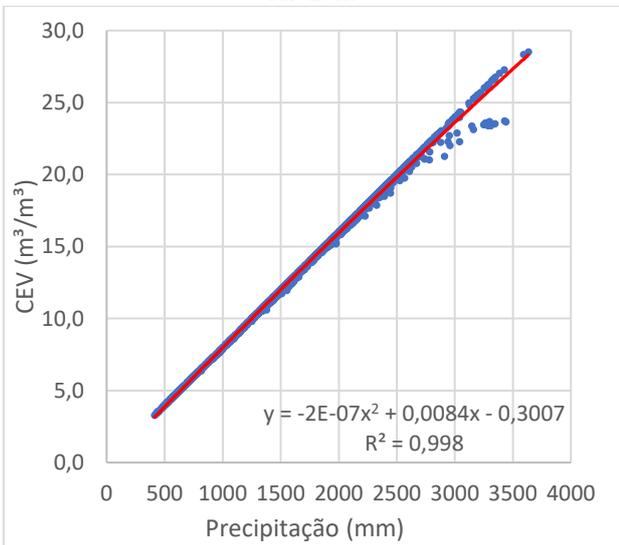
**VR=30m<sup>3</sup>**



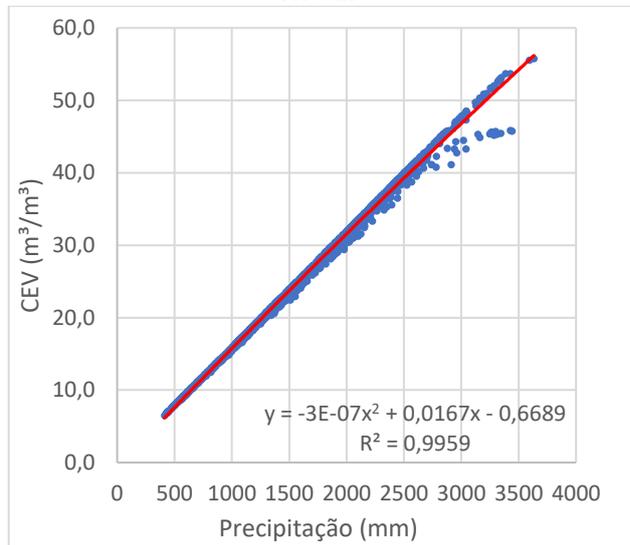
**VR=15m<sup>3</sup>**



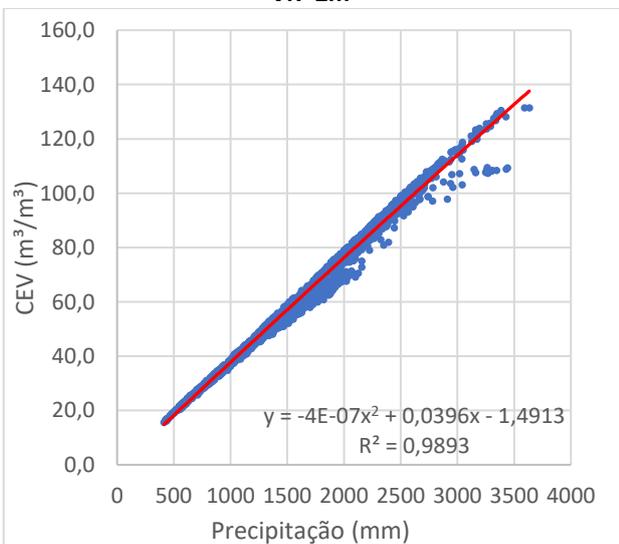
**VR=10m<sup>3</sup>**



**VR=5m<sup>3</sup>**



**VR=2m<sup>3</sup>**



**Legenda:**



**Pontos de Correlação**  
(CEV x Precipitação média anual)



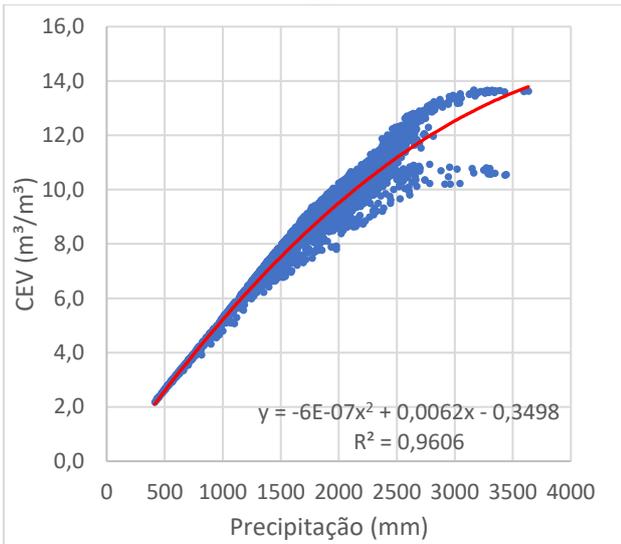
**Linha de Tendência**  
(Polinomial 2° Grau)

# Correlação CEV x PRECIPITAÇÃO

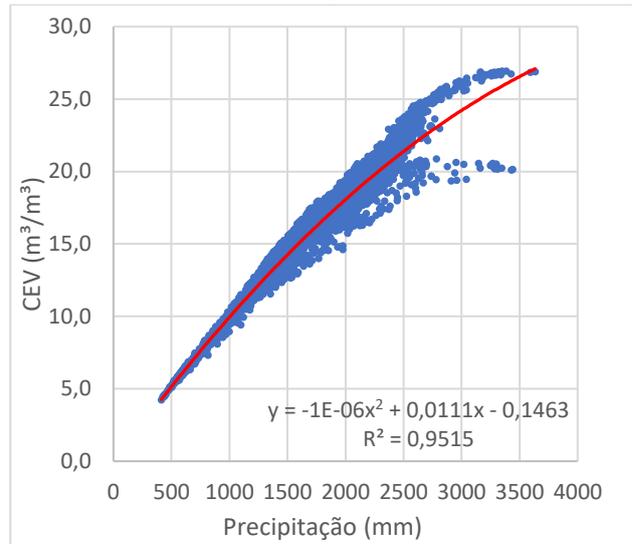
# PADRÃO ALTO

Ac = 200m<sup>2</sup>

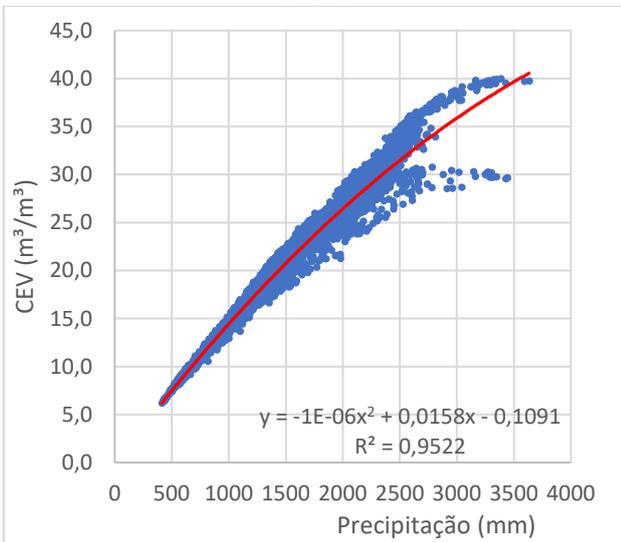
VR=30m<sup>3</sup>



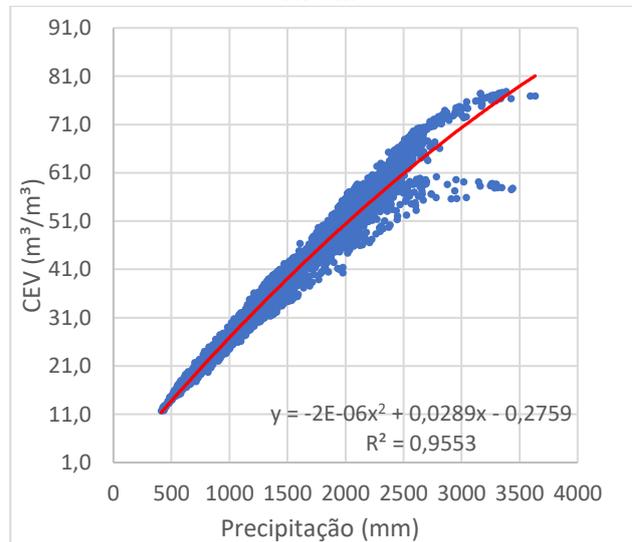
VR=15m<sup>3</sup>



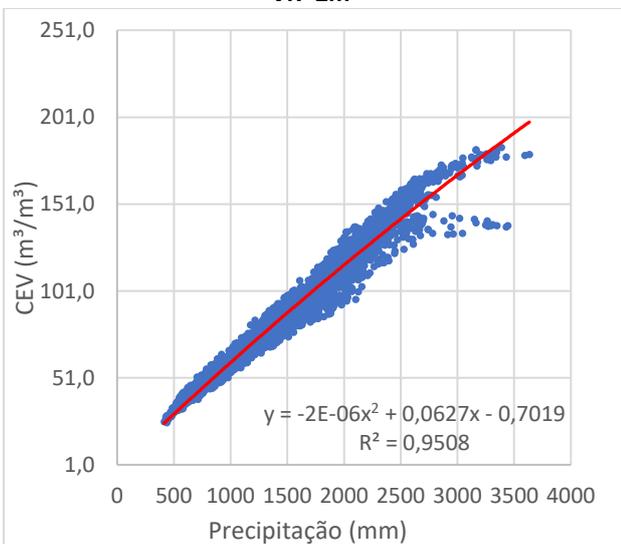
VR=10m<sup>3</sup>



VR=5m<sup>3</sup>



VR=2m<sup>3</sup>



## Legenda:



**Pontos de Correlação**  
(CEV x Precipitação média anual)



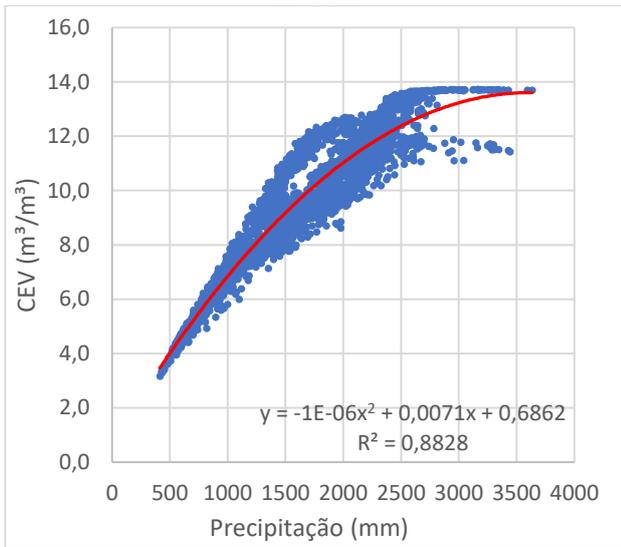
**Linha de Tendência**  
(Polinomial 2º Grau)

# Correlação CEV x PRECIPITAÇÃO

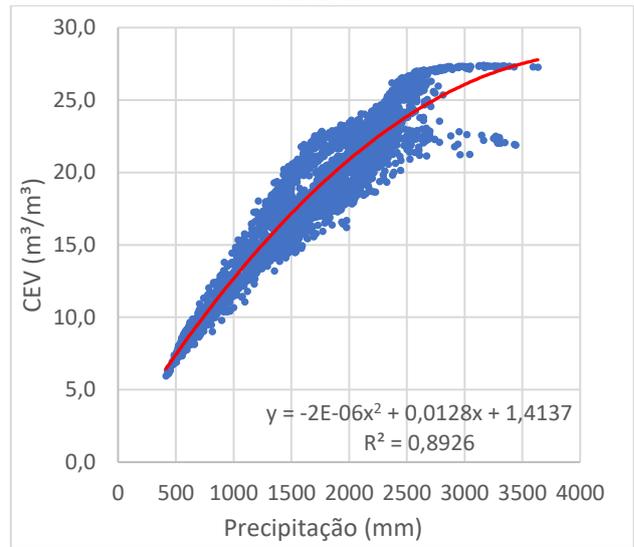
PADRÃO ALTO

Ac = 300m<sup>2</sup>

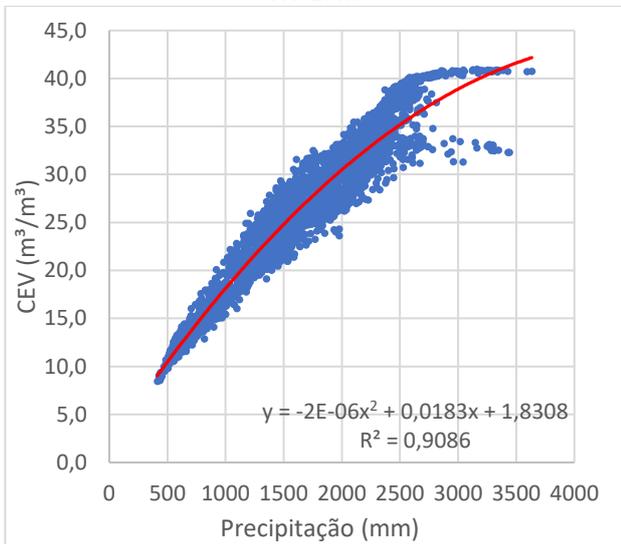
VR=30m<sup>3</sup>



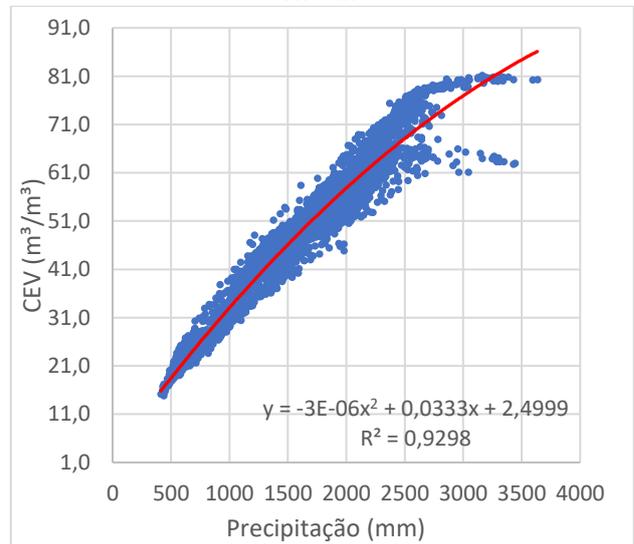
VR=15m<sup>3</sup>



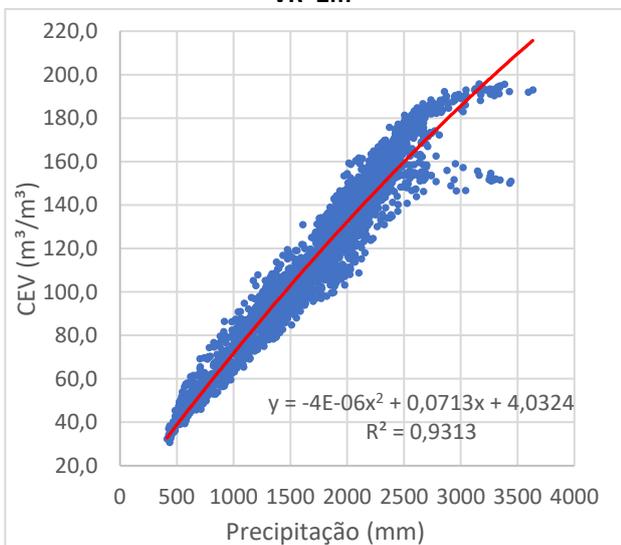
VR=10m<sup>3</sup>



VR=5m<sup>3</sup>



VR=2m<sup>3</sup>



## Legenda:

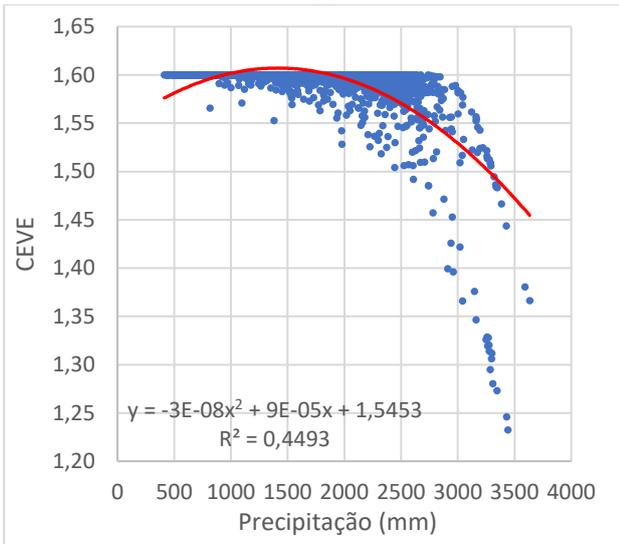


**Pontos de Correlação**  
(CEV x Precipitação média anual)

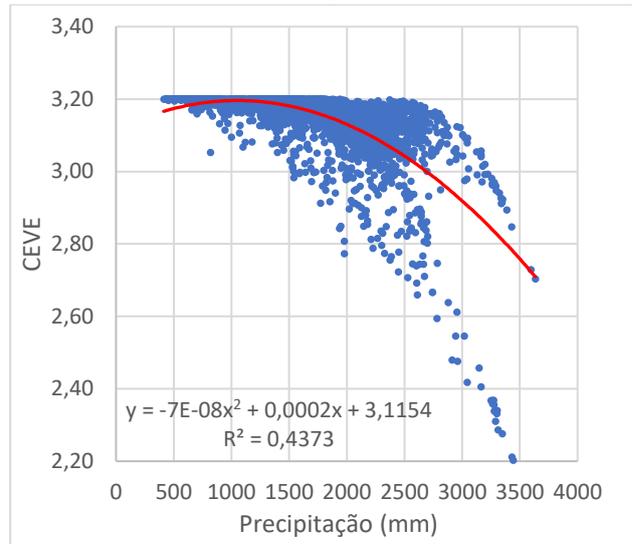


**Linha de Tendência**  
(Polinomial 2º Grau)

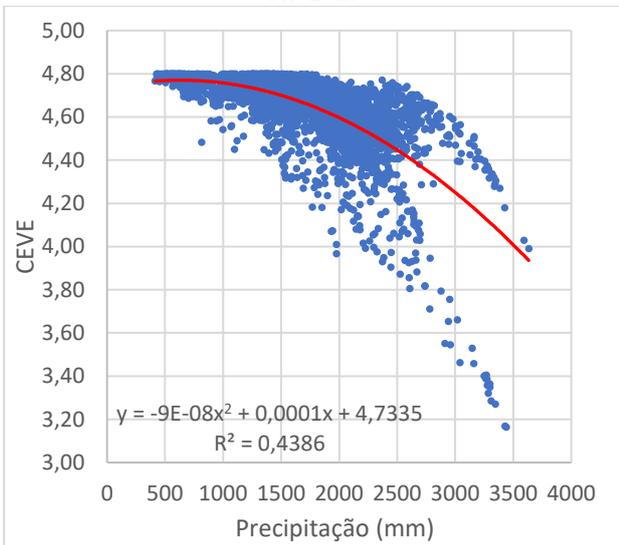
**VR=30m<sup>3</sup>**



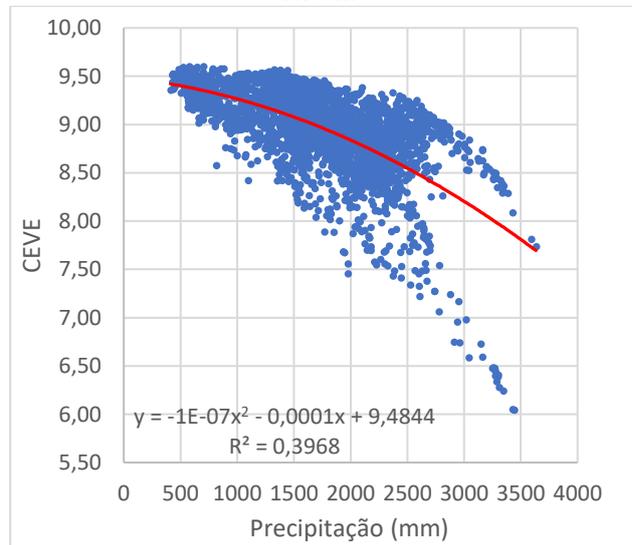
**VR=15m<sup>3</sup>**



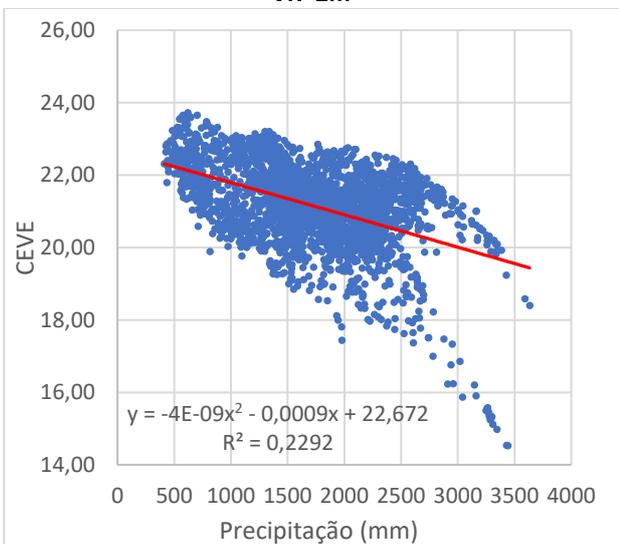
**VR=10m<sup>3</sup>**



**VR=5m<sup>3</sup>**



**VR=2m<sup>3</sup>**



**Legenda:**



**Pontos de Correlação**  
(CEVE x Precipitação média anual)



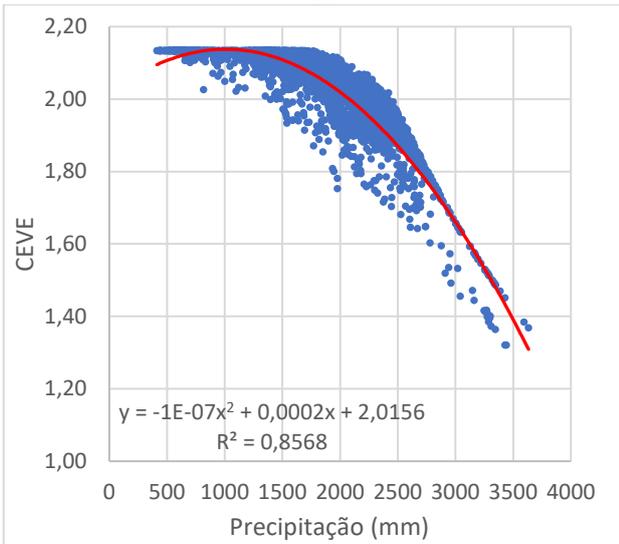
**Linha de Tendência**  
(Polinomial 2º Grau)

# Correlação CEVE x PRECIPITAÇÃO

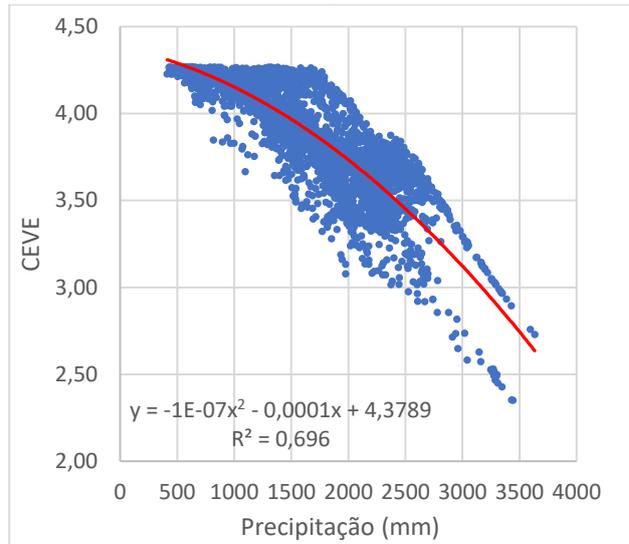
# PADRÃO POPULAR

Ac = 80m<sup>2</sup>

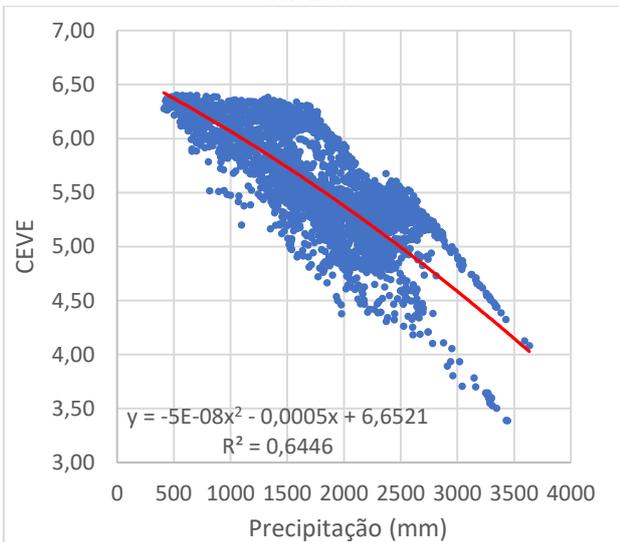
VR=30m<sup>3</sup>



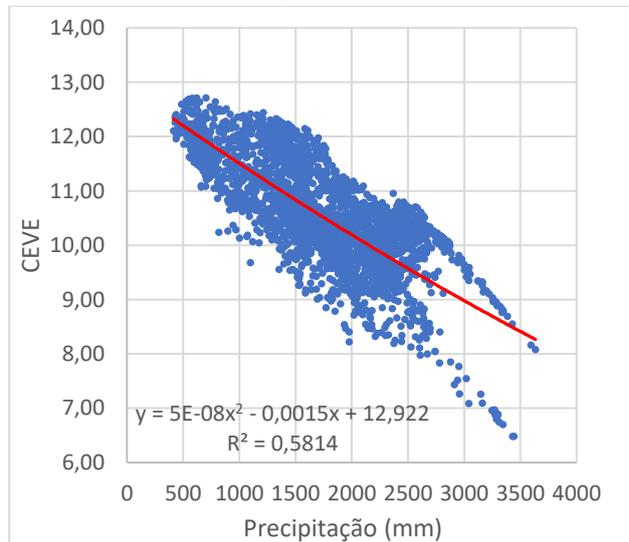
VR=15m<sup>3</sup>



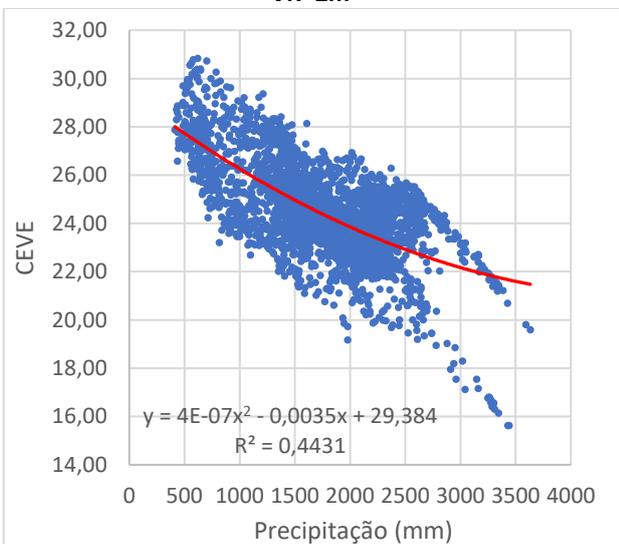
VR=10m<sup>3</sup>



VR=5m<sup>3</sup>



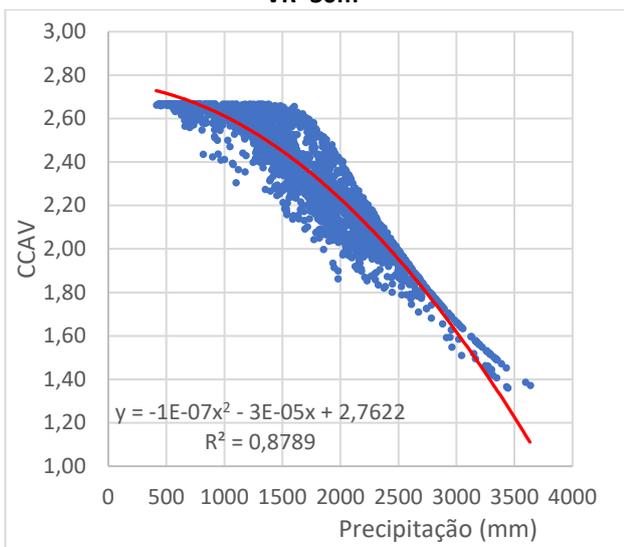
VR=2m<sup>3</sup>



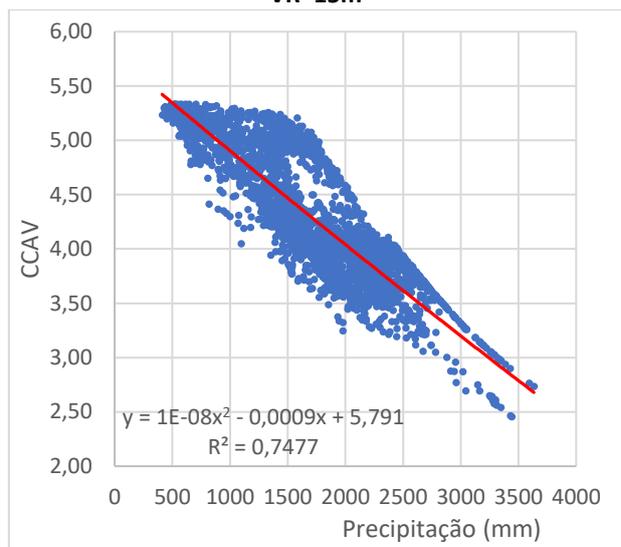
### Legenda:

-  **Pontos de Correlação**  
(CEVE x Precipitação média anual)
-  **Linha de Tendência**  
(Polinomial 2º Grau)

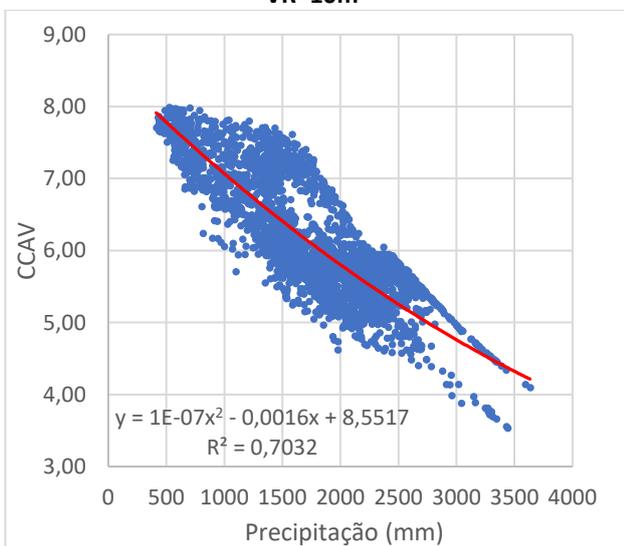
**VR=30m<sup>3</sup>**



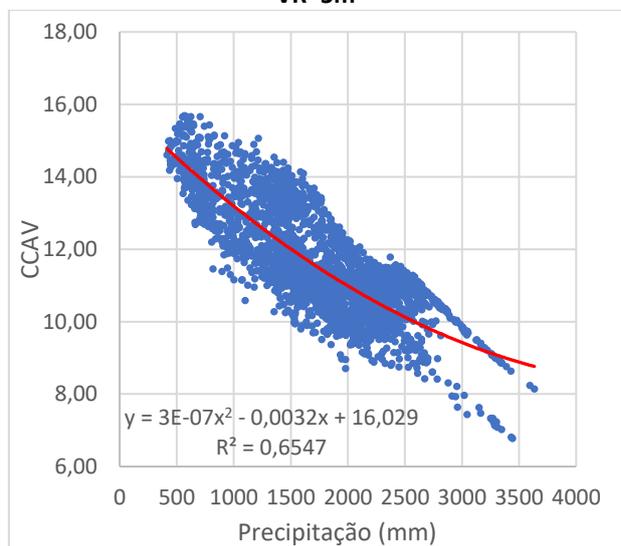
**VR=15m<sup>3</sup>**



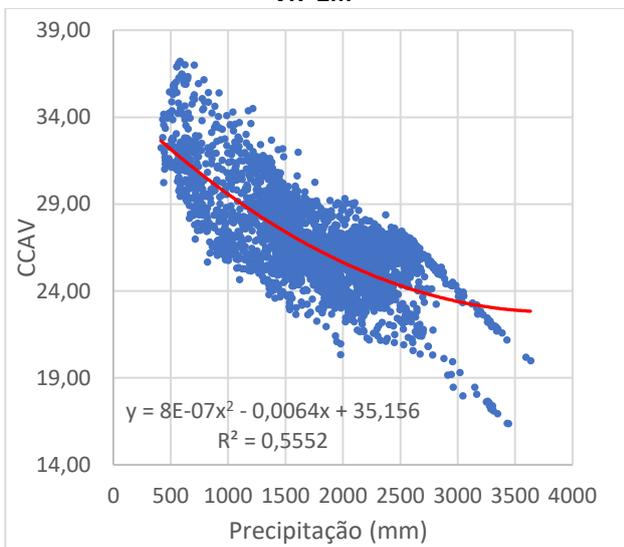
**VR=10m<sup>3</sup>**



**VR=5m<sup>3</sup>**



**VR=2m<sup>3</sup>**



**Legenda:**

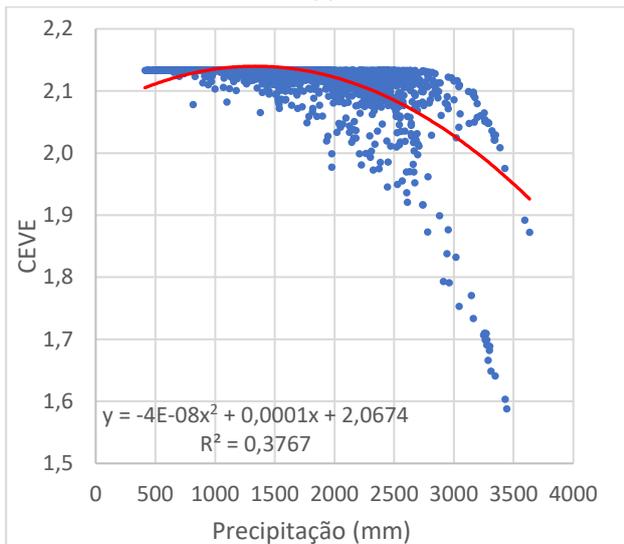
- **Pontos de Correlação**  
(CEVE x Precipitação média anual)
- **Linha de Tendência**  
(Polinomial 2º Grau)

## Correlação CEVE x PRECIPITAÇÃO

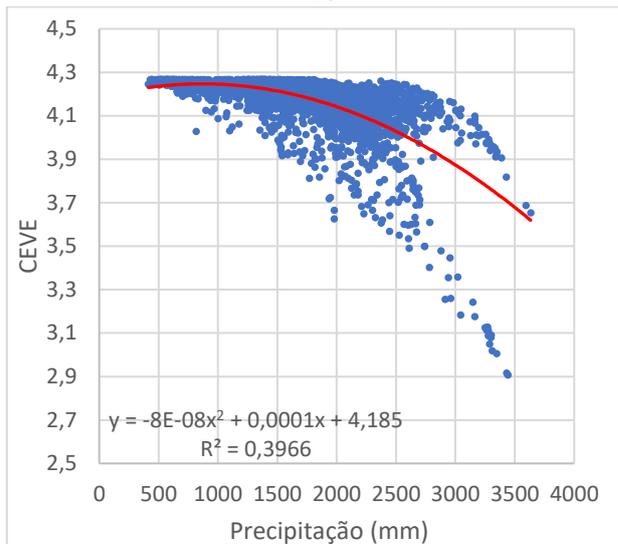
## PADRÃO MÉDIO

Ac = 80m<sup>2</sup>

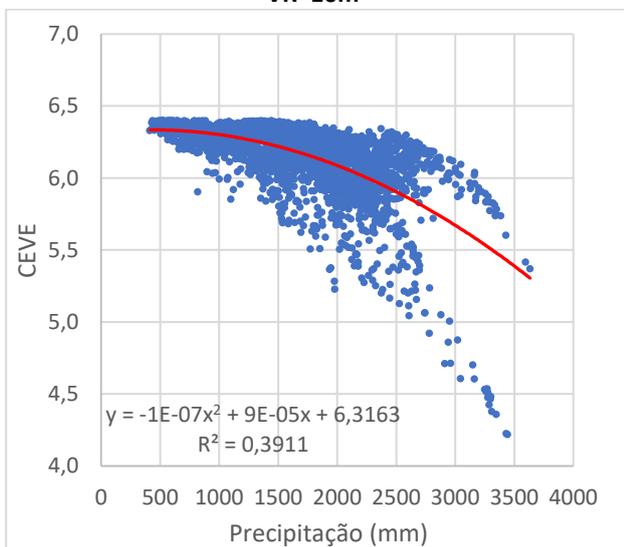
VR=30m<sup>3</sup>



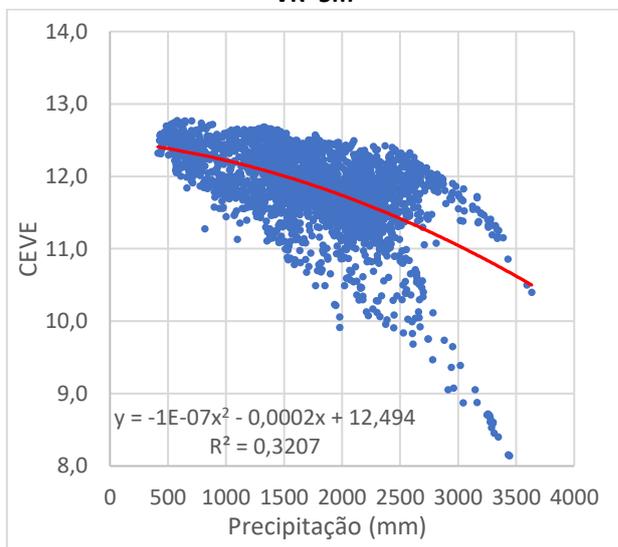
VR=15m<sup>3</sup>



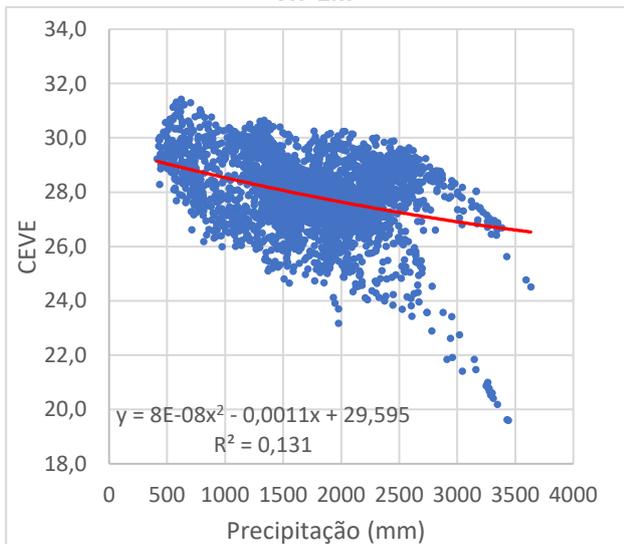
VR=10m<sup>3</sup>



VR=5m<sup>3</sup>



VR=2m<sup>3</sup>



### Legenda:



**Pontos de Correlação**  
(CEVE x Precipitação média anual)



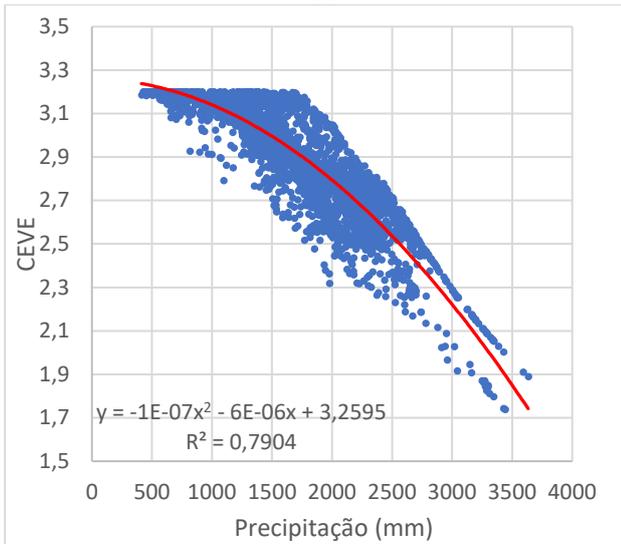
**Linha de Tendência**  
(Polinomial 2° Grau)

# Correlação CEVE x PRECIPITAÇÃO

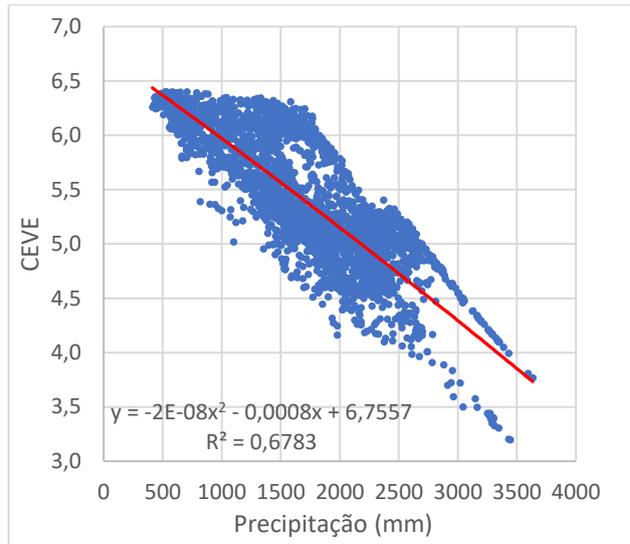
PADRÃO MÉDIO

Ac = 100m<sup>2</sup>

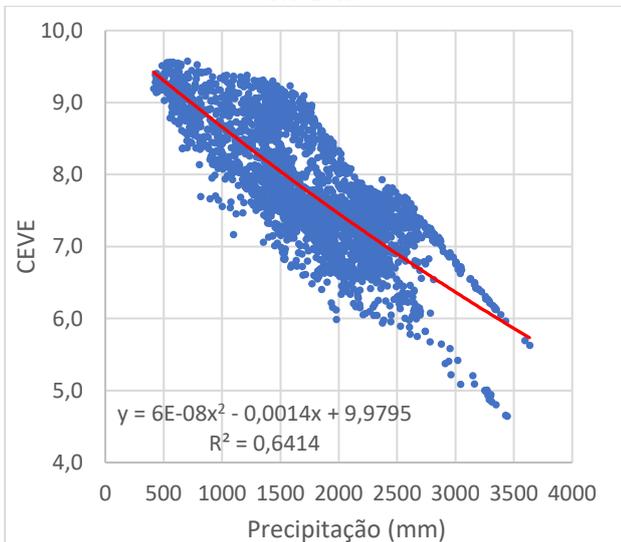
VR=30m<sup>3</sup>



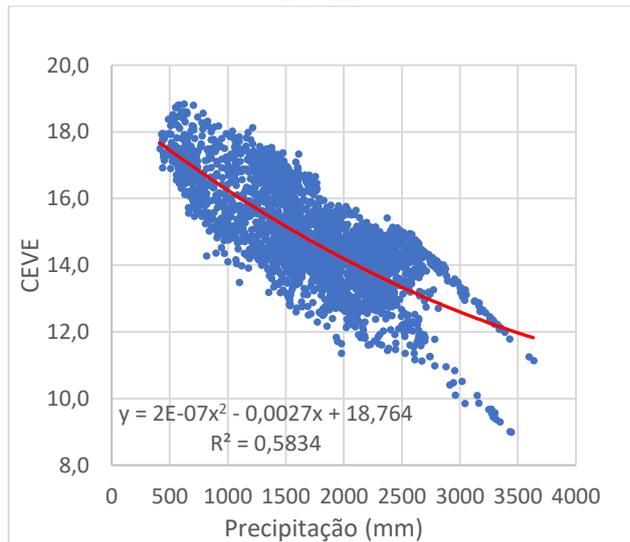
VR=15m<sup>3</sup>



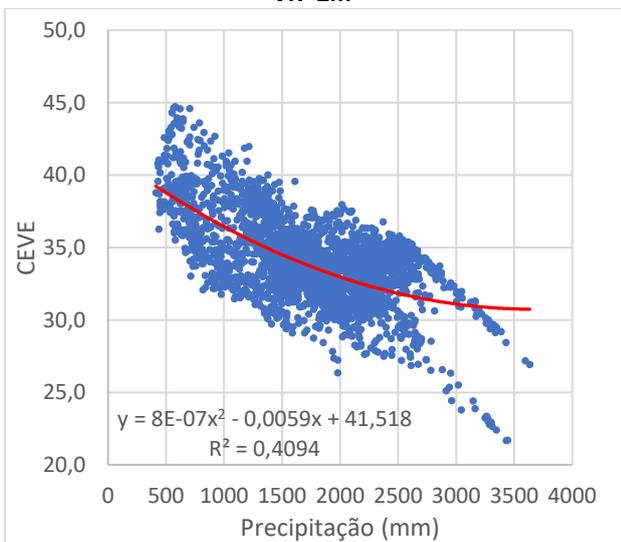
VR=10m<sup>3</sup>



VR=5m<sup>3</sup>



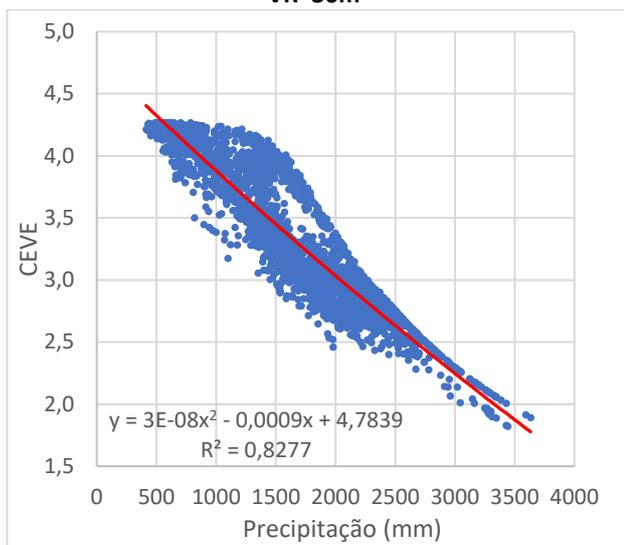
VR=2m<sup>3</sup>



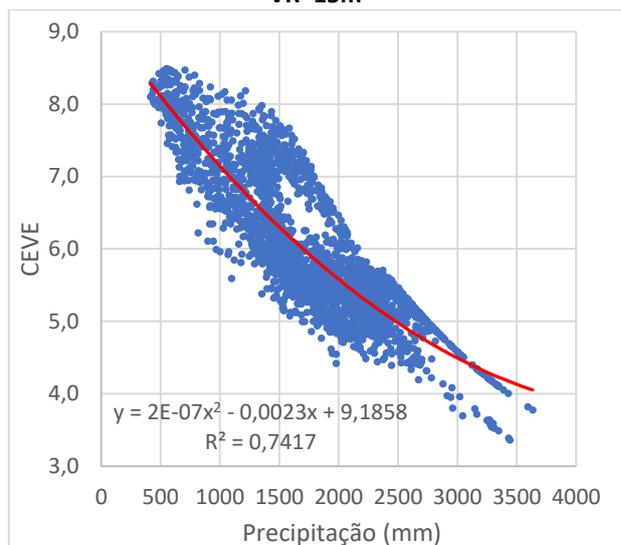
## Legenda:

- Pontos de Correlação  
(CEVE x Precipitação média anual)
- Linha de Tendência  
(Polinomial 2º Grau)

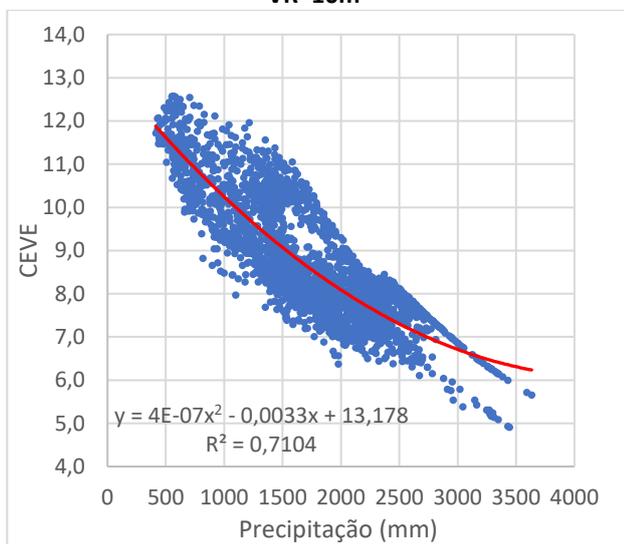
**VR=30m<sup>3</sup>**



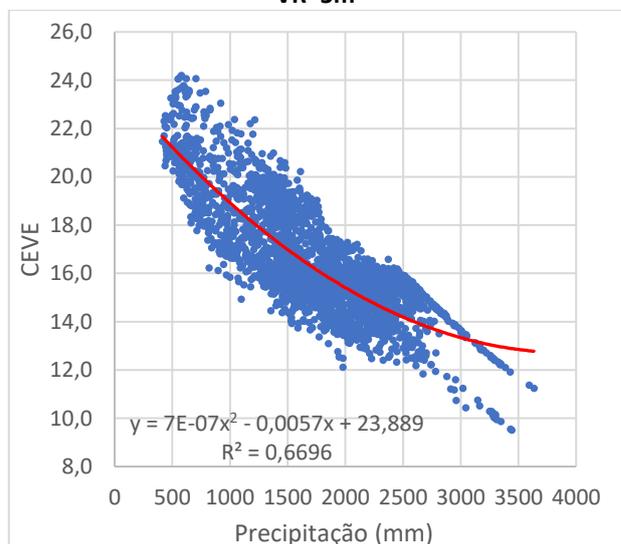
**VR=15m<sup>3</sup>**



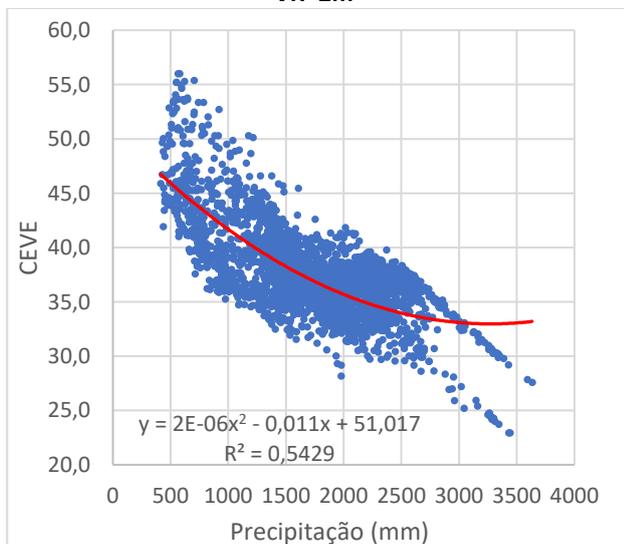
**VR=10m<sup>3</sup>**



**VR=5m<sup>3</sup>**



**VR=2m<sup>3</sup>**



**Legenda:**

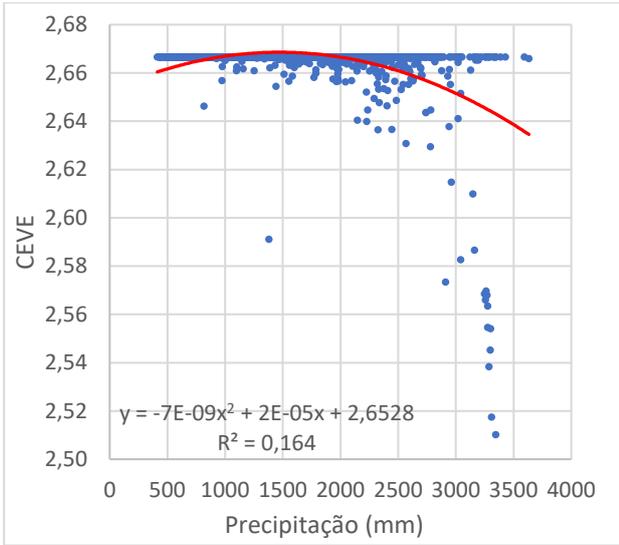
- **Pontos de Correlação**  
(CEVE x Precipitação média anual)
- **Linha de Tendência**  
(Polinomial 2º Grau)

# Correlação CEVE x PRECIPITAÇÃO

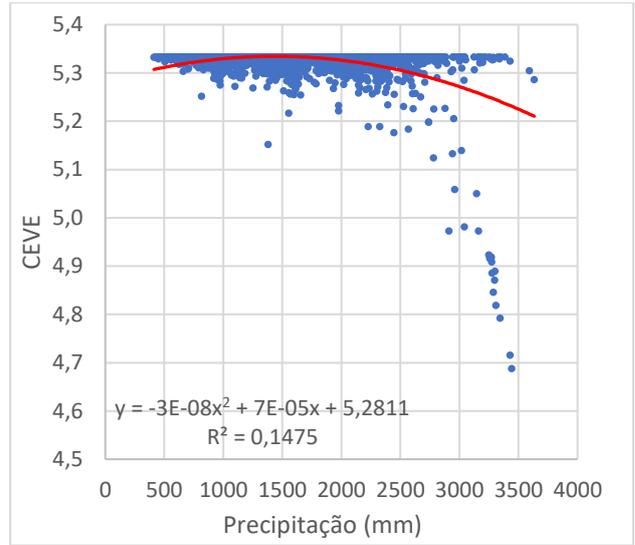
PADRÃO ALTO

Ac = 100m<sup>2</sup>

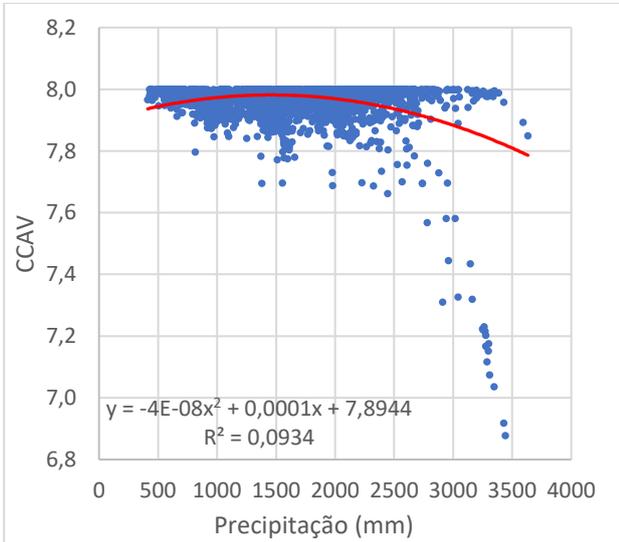
VR=30m<sup>3</sup>



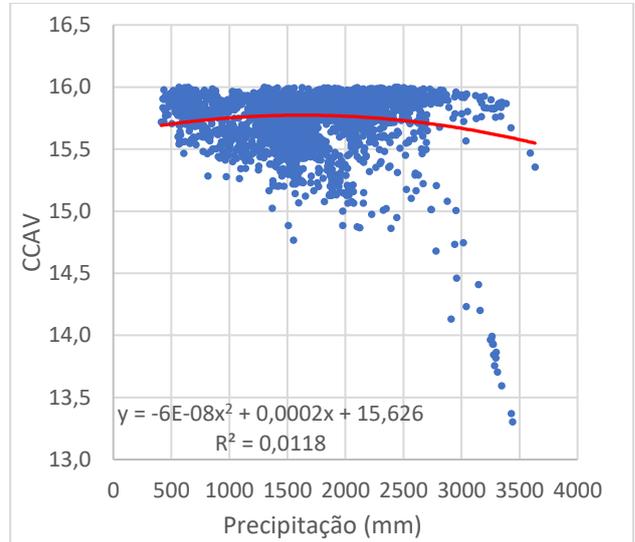
VR=15m<sup>3</sup>



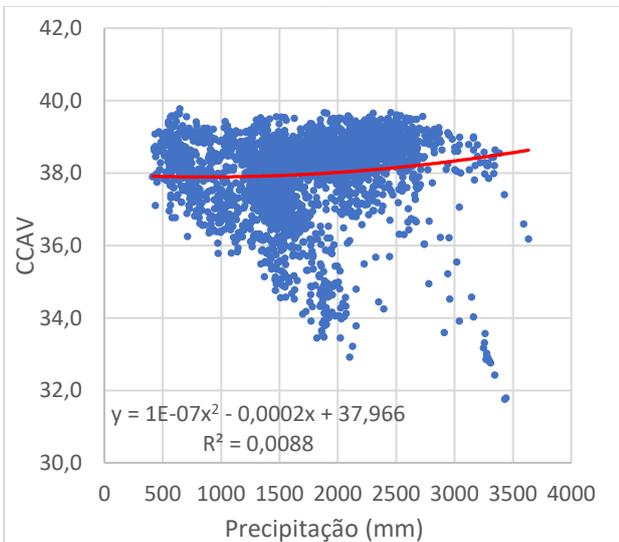
VR=10m<sup>3</sup>



VR=5m<sup>3</sup>



VR=2m<sup>3</sup>



## Legenda:

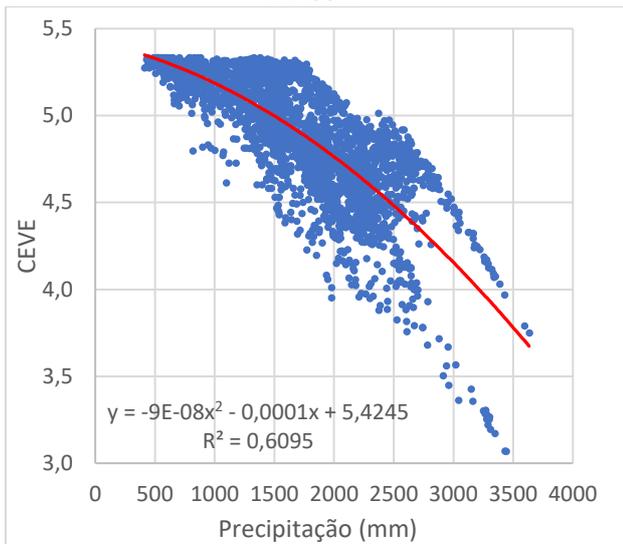


**Pontos de Correlação**  
(CEVE x Precipitação média anual)

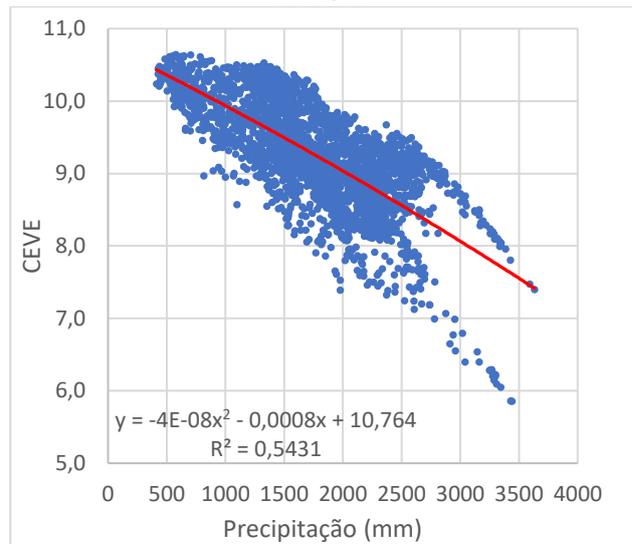


**Linha de Tendência**  
(Polinomial 2º Grau)

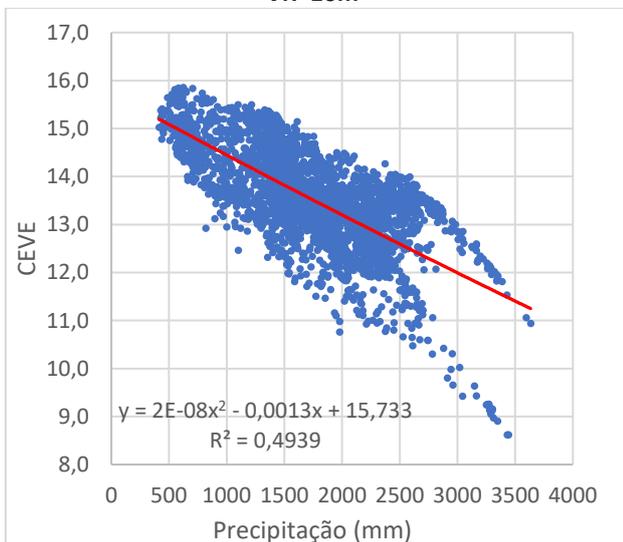
**VR=30m<sup>3</sup>**



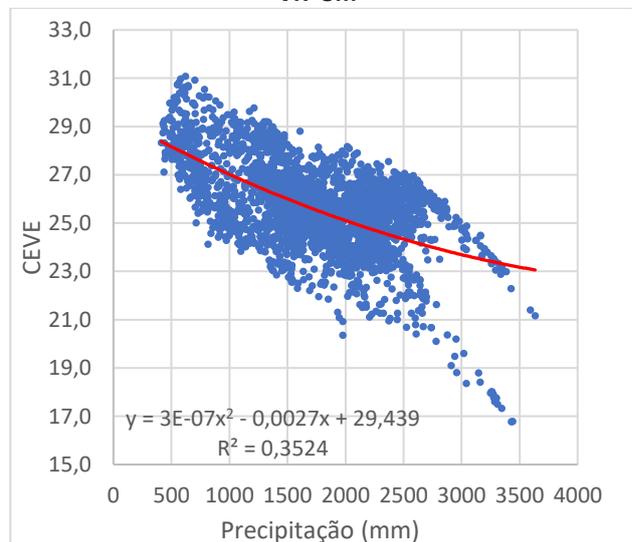
**VR=15m<sup>3</sup>**



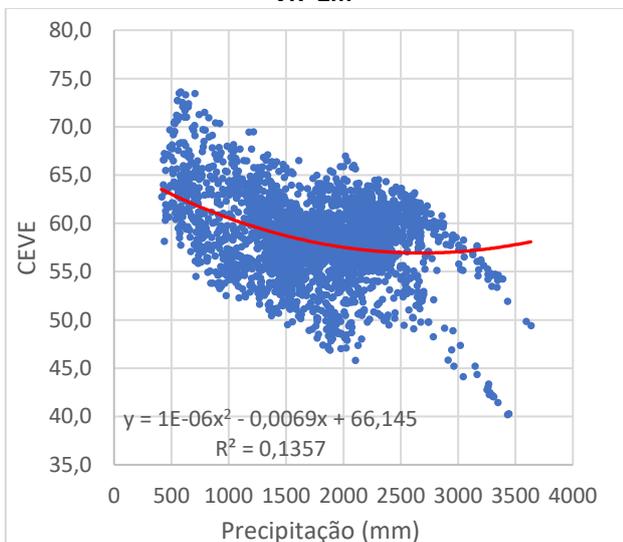
**VR=10m<sup>3</sup>**



**VR=5m<sup>3</sup>**



**VR=2m<sup>3</sup>**



**Legenda:**

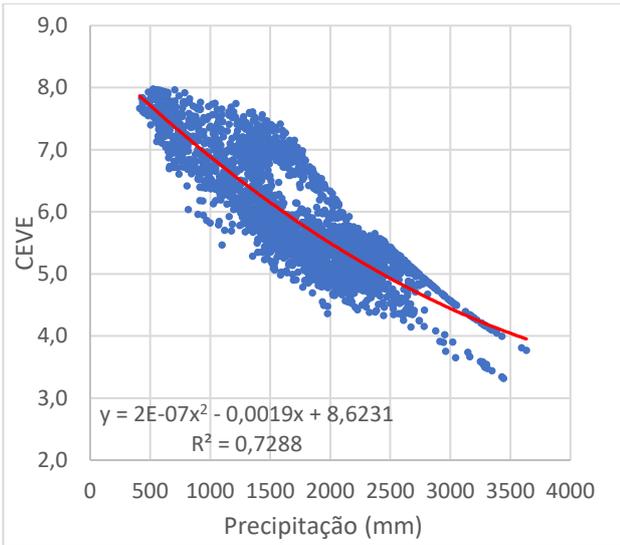
- **Pontos de Correlação**  
(CEVE x Precipitação média anual)
- **Linha de Tendência**  
(Polinomial 2º Grau)

# Correlação CEVE x PRECIPITAÇÃO

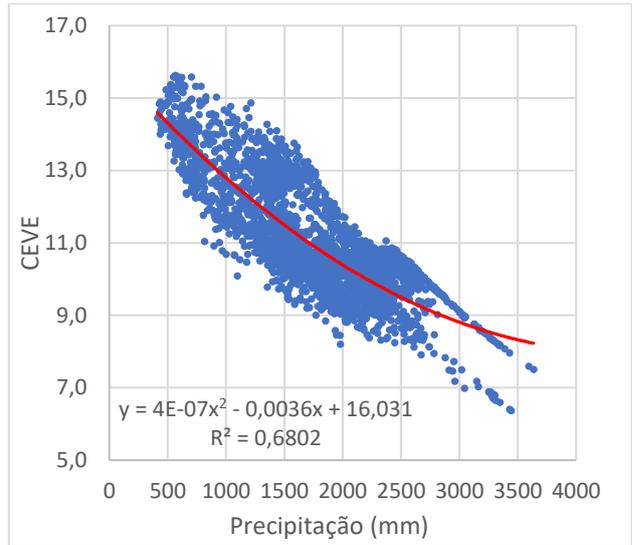
PADRÃO ALTO

Ac = 300m<sup>2</sup>

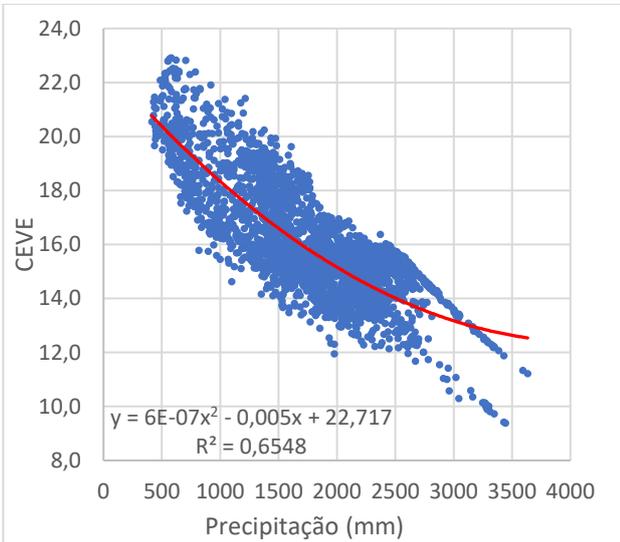
VR=30m<sup>3</sup>



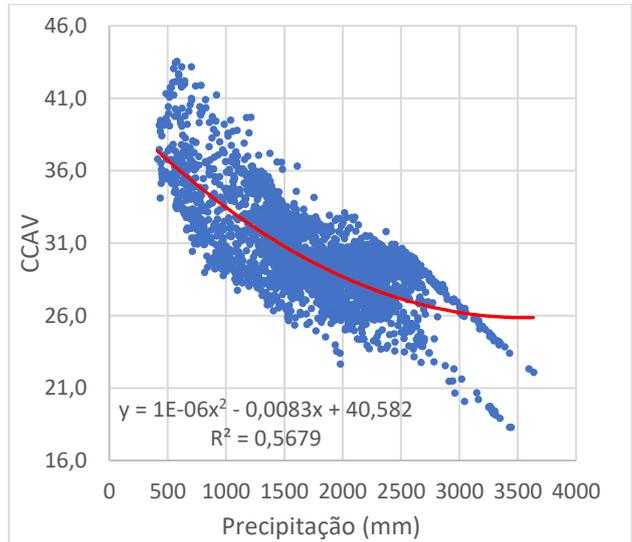
VR=15m<sup>3</sup>



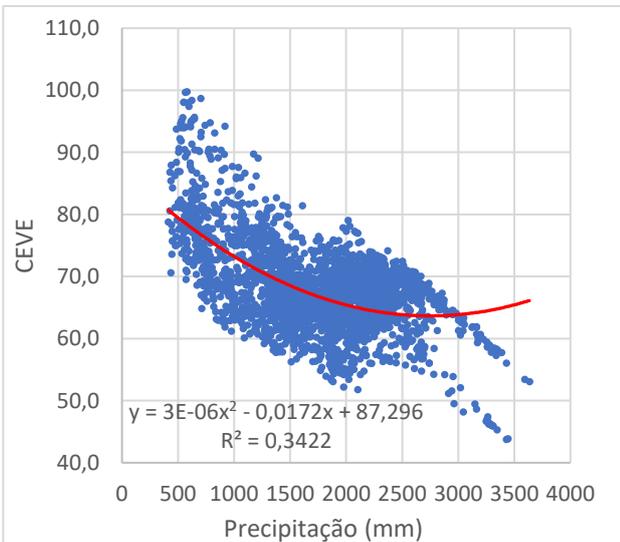
VR=10m<sup>3</sup>



VR=5m<sup>3</sup>



VR=2m<sup>3</sup>



## Legenda:

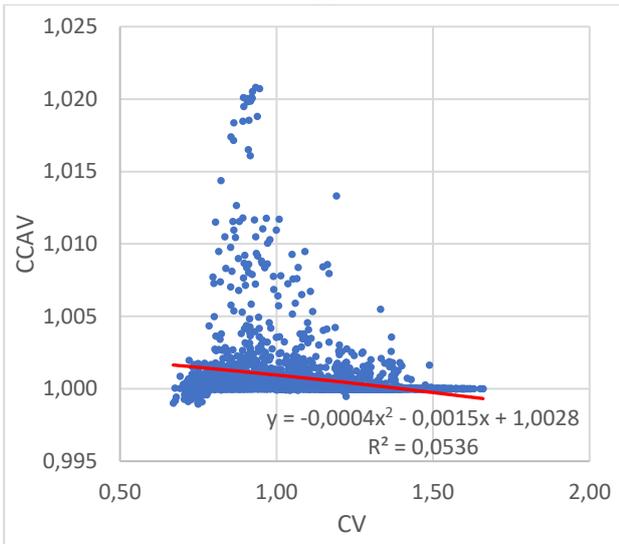


**Pontos de Correlação**  
(CEVE x Precipitação média anual)

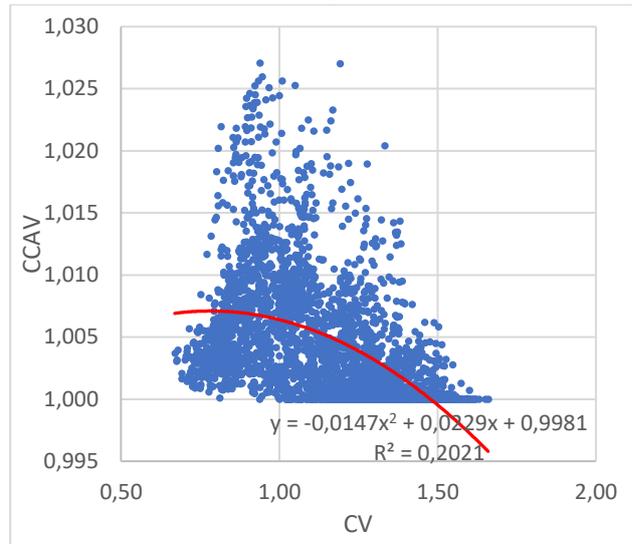


**Linha de Tendência**  
(Polinomial 2º Grau)

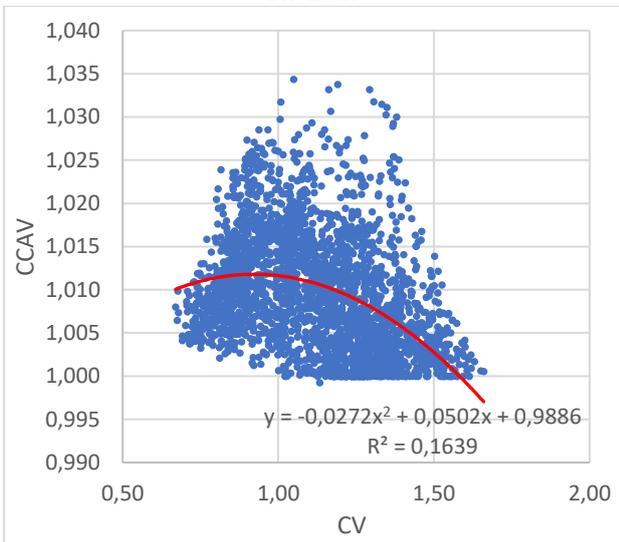
**VR=30m<sup>3</sup>**



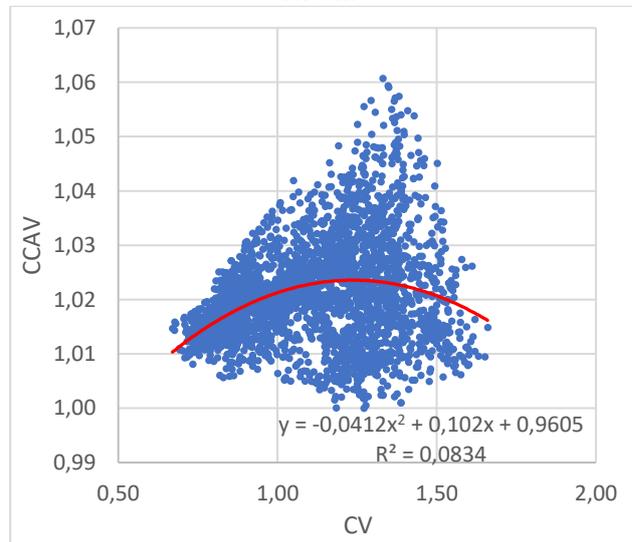
**VR=15m<sup>3</sup>**



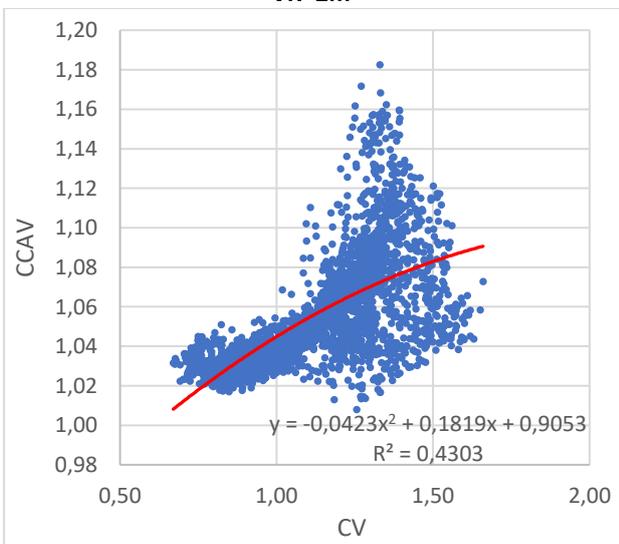
**VR=10m<sup>3</sup>**



**VR=5m<sup>3</sup>**



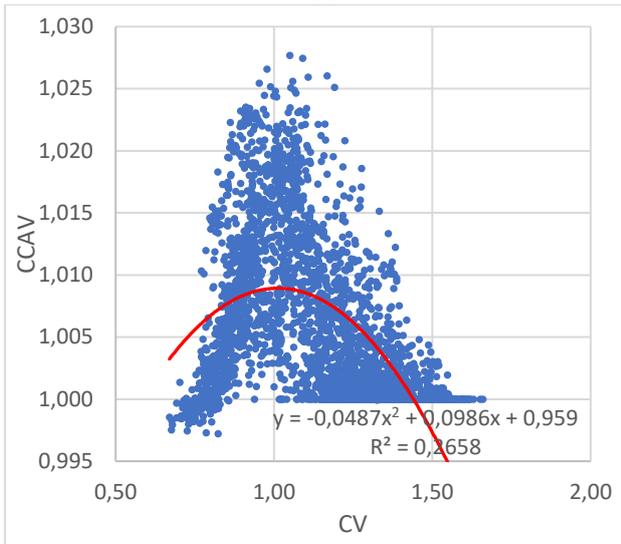
**VR=2m<sup>3</sup>**



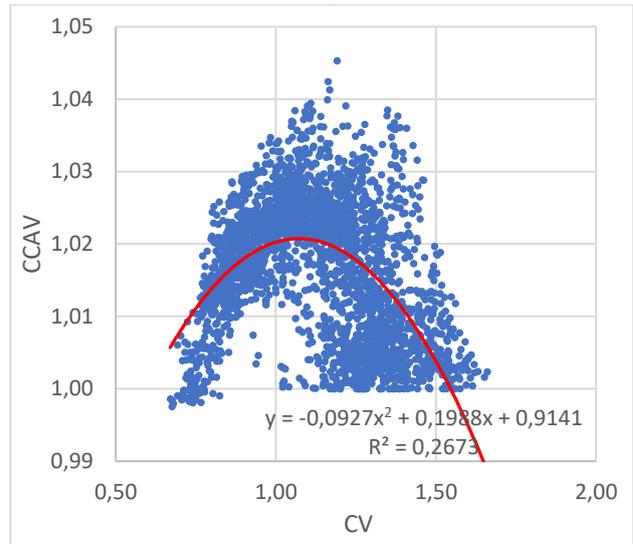
**Legenda:**

- **Pontos de Correlação**  
(CCAV x CV)
- **Linha de Tendência**  
(Polinomial 2º Grau)

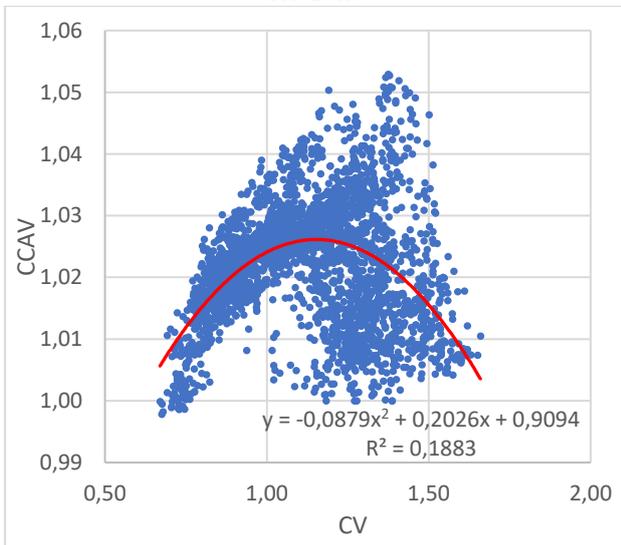
VR=30m<sup>3</sup>



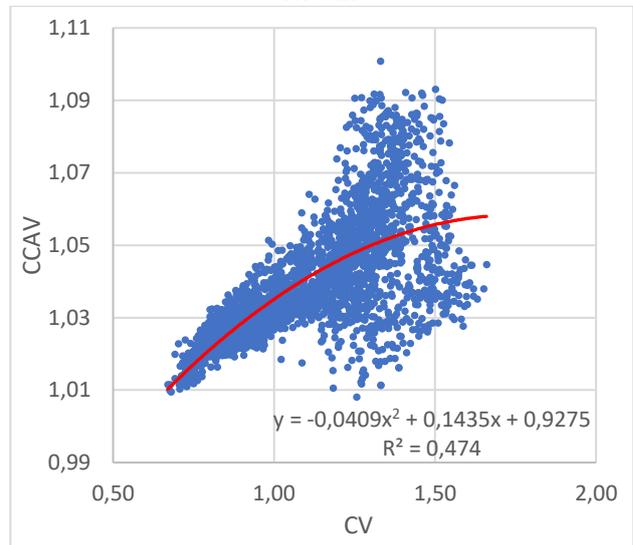
VR=15m<sup>3</sup>



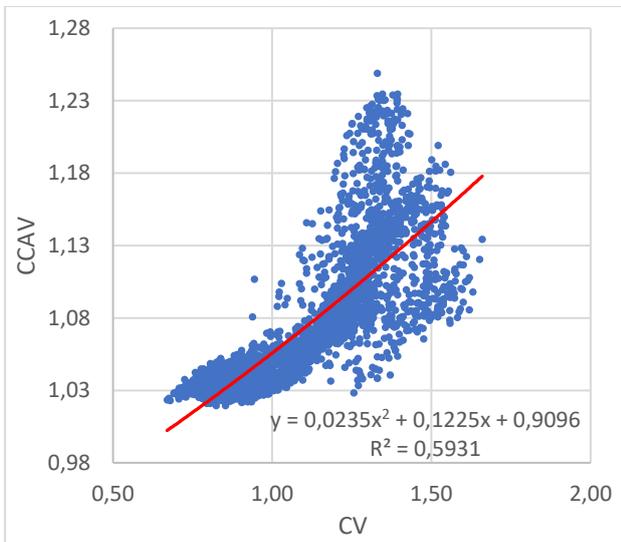
VR=10m<sup>3</sup>



VR=5m<sup>3</sup>



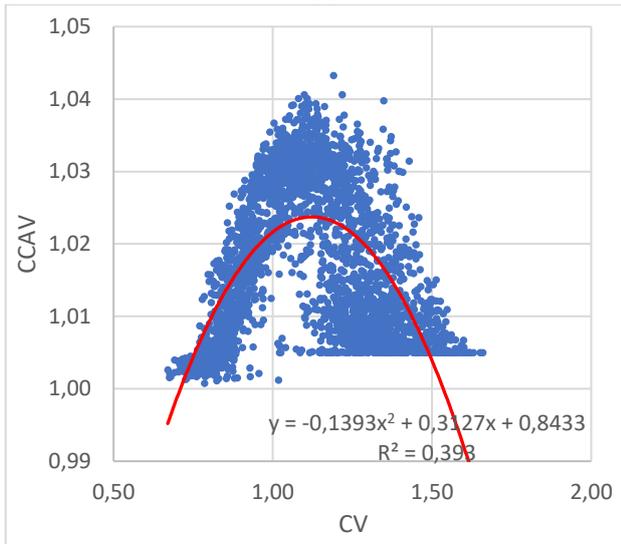
VR=2m<sup>3</sup>



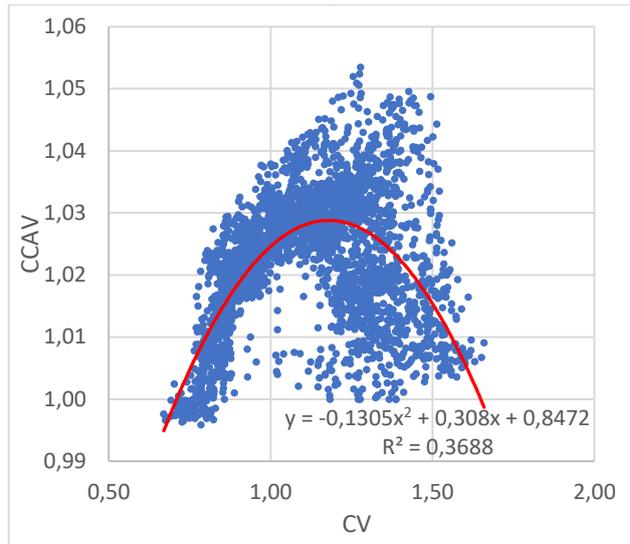
Legenda:

- Pontos de Correlação (CCAV x CV)
- Linha de Tendência (Polinomial 2º Grau)

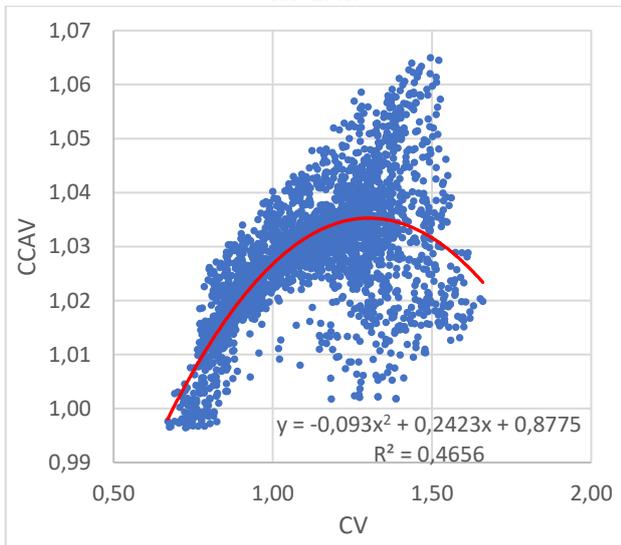
**VR=30m<sup>3</sup>**



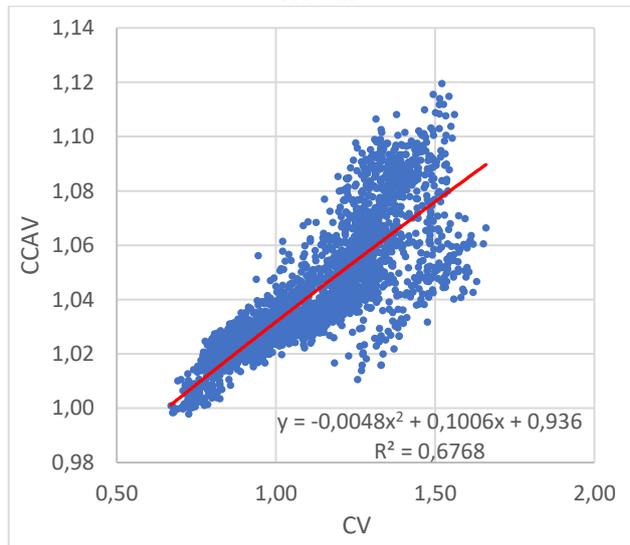
**VR=15m<sup>3</sup>**



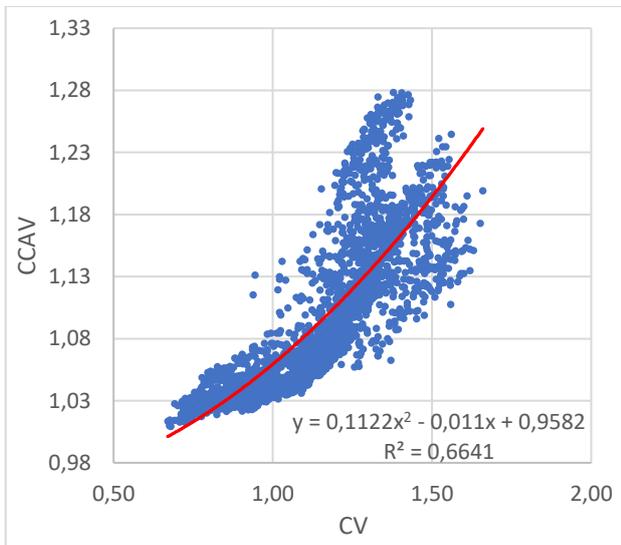
**VR=10m<sup>3</sup>**



**VR=5m<sup>3</sup>**



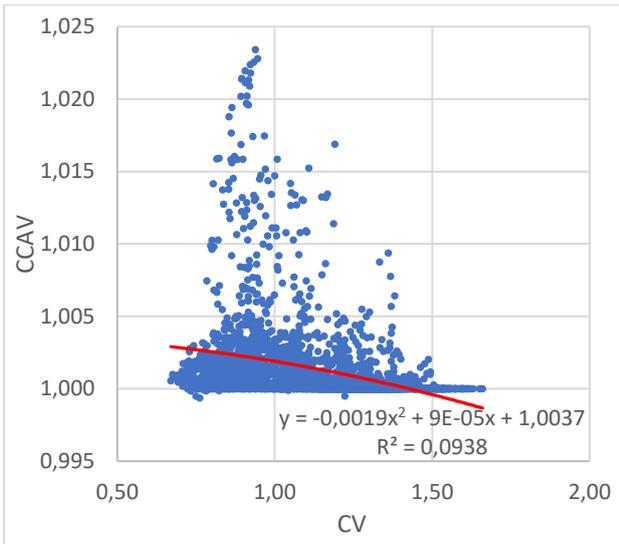
**VR=2m<sup>3</sup>**



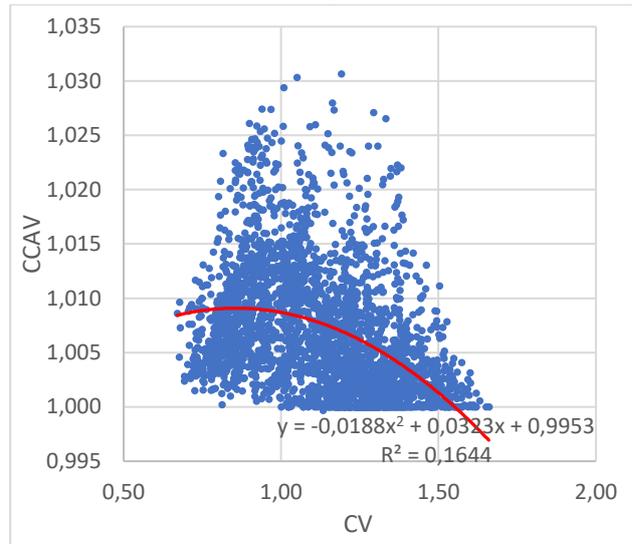
**Legenda:**

- **Pontos de Correlação**  
(CCAV x CV)
- **Linha de Tendência**  
(Polinomial 2º Grau)

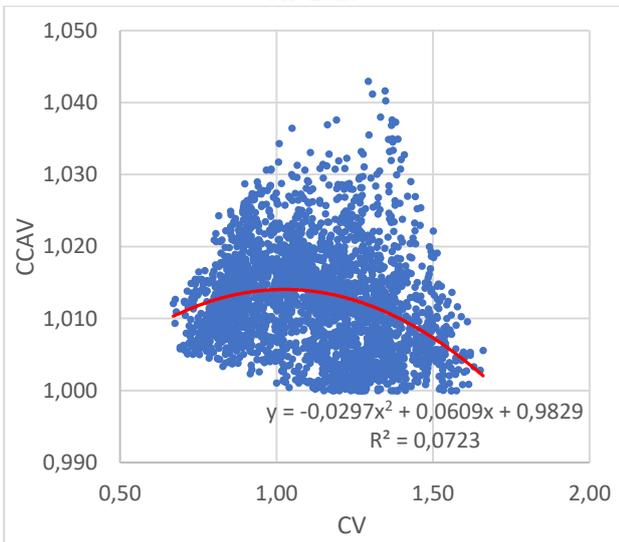
**VR=30m<sup>3</sup>**



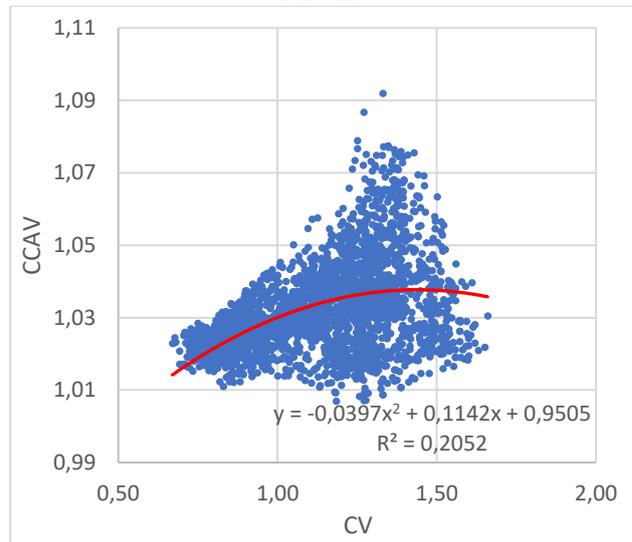
**VR=15m<sup>3</sup>**



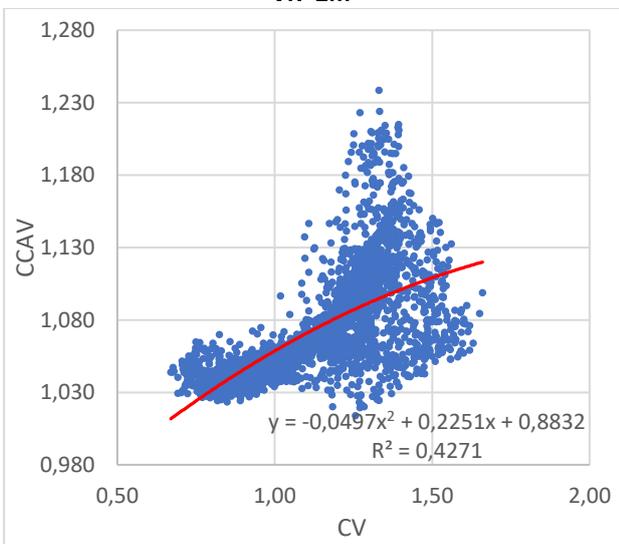
**VR=10m<sup>3</sup>**



**VR=5m<sup>3</sup>**



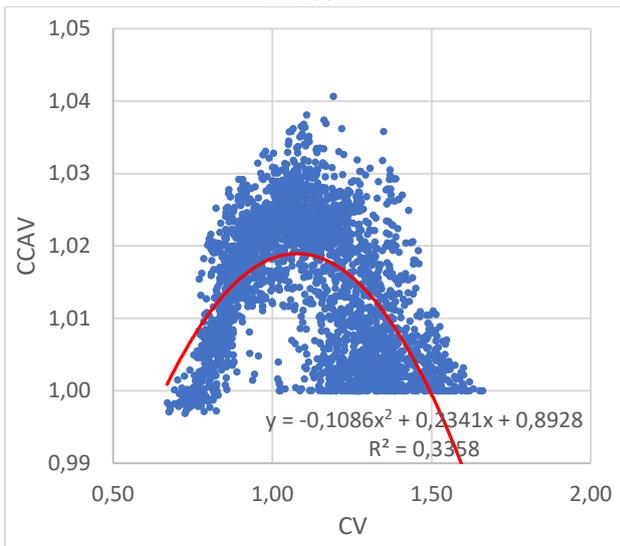
**VR=2m<sup>3</sup>**



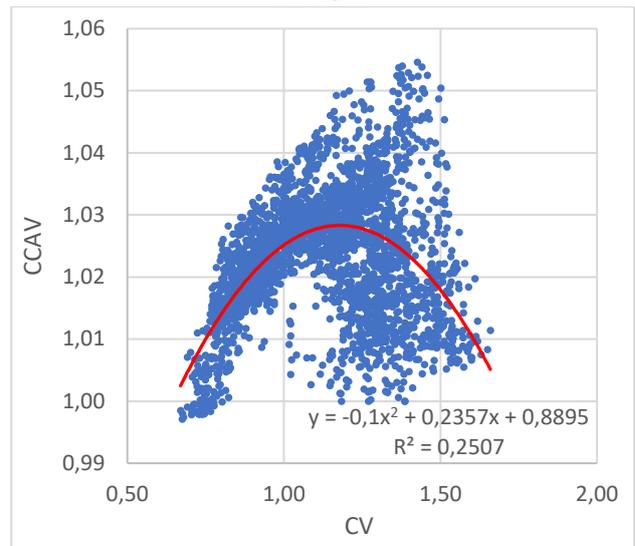
**Legenda:**

- **Pontos de Correlação**  
(CCAV x CV)
- **Linha de Tendência**  
(Polinomial 2º Grau)

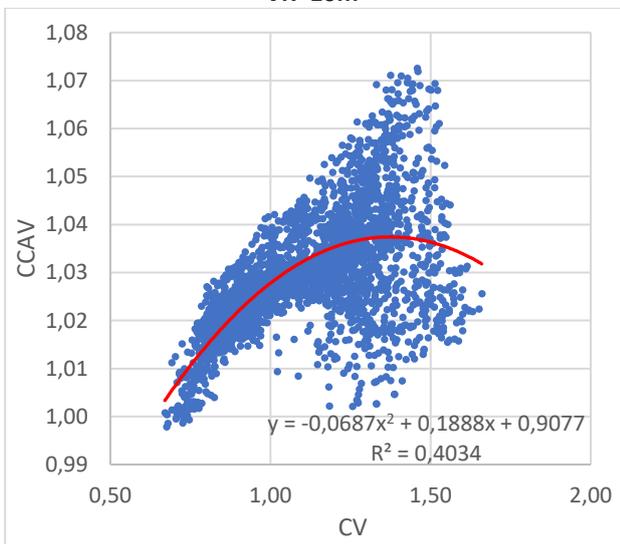
VR=30m<sup>3</sup>



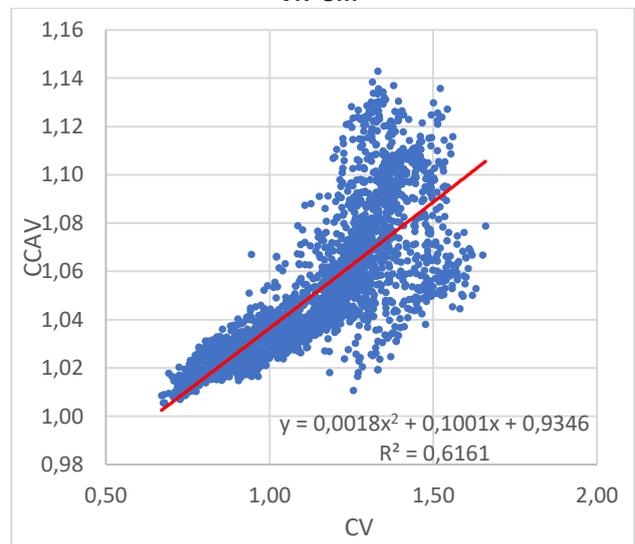
VR=15m<sup>3</sup>



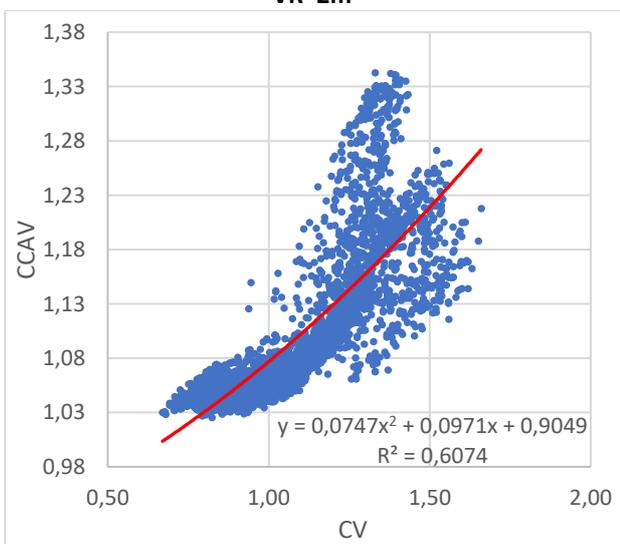
VR=10m<sup>3</sup>



VR=5m<sup>3</sup>



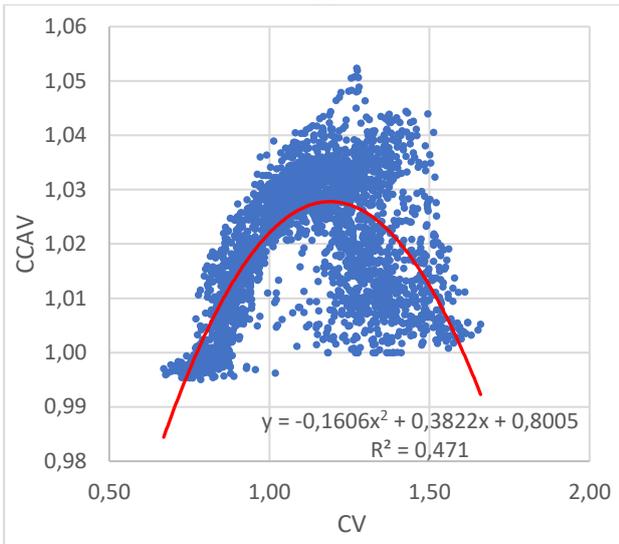
VR=2m<sup>3</sup>



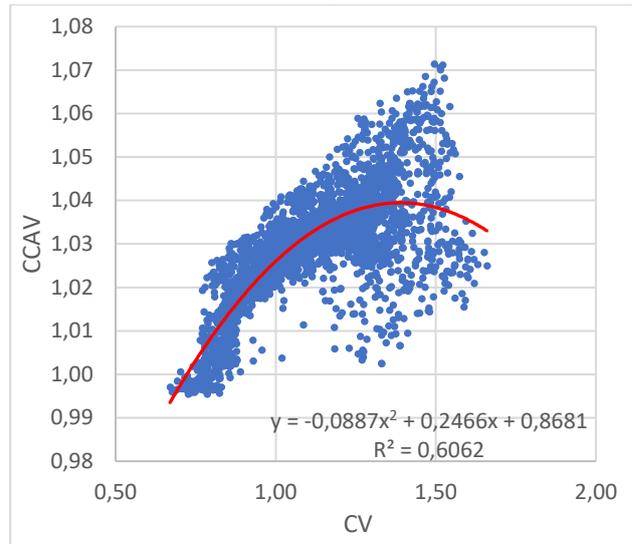
Legenda:

- Pontos de Correlação (CCAV x CV)
- Linha de Tendência (Polinomial 2° Grau)

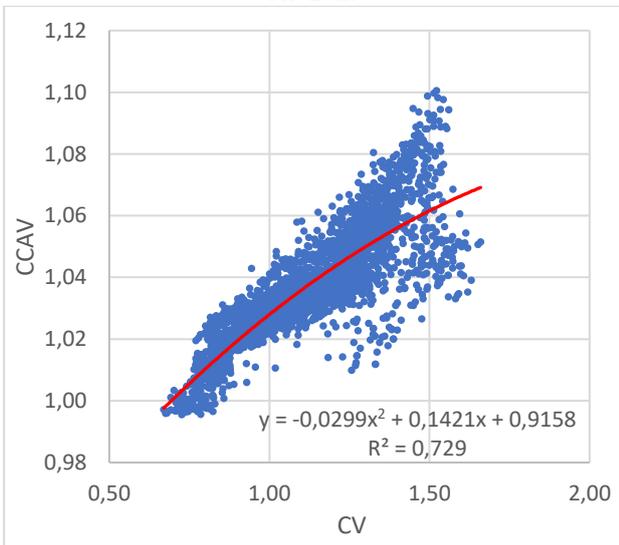
**VR=30m<sup>3</sup>**



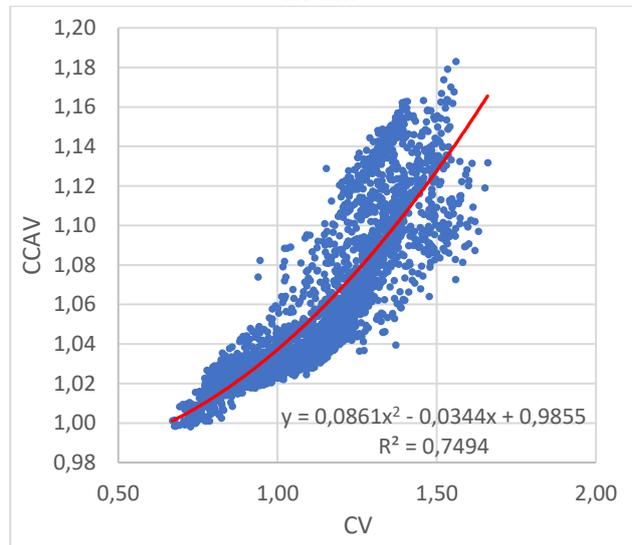
**VR=15m<sup>3</sup>**



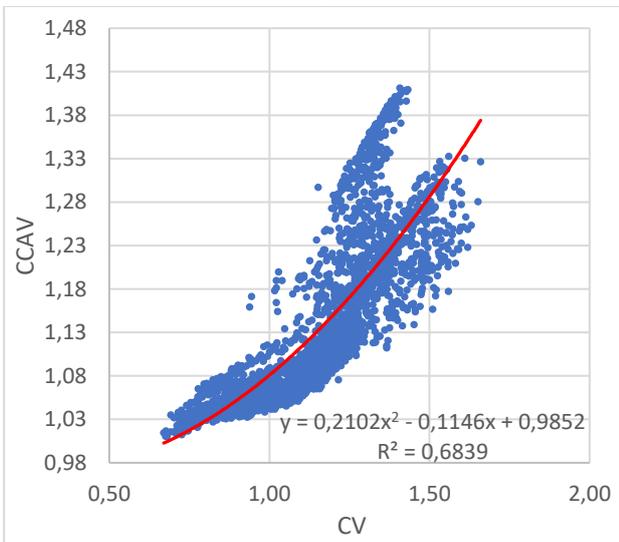
**VR=10m<sup>3</sup>**



**VR=5m<sup>3</sup>**



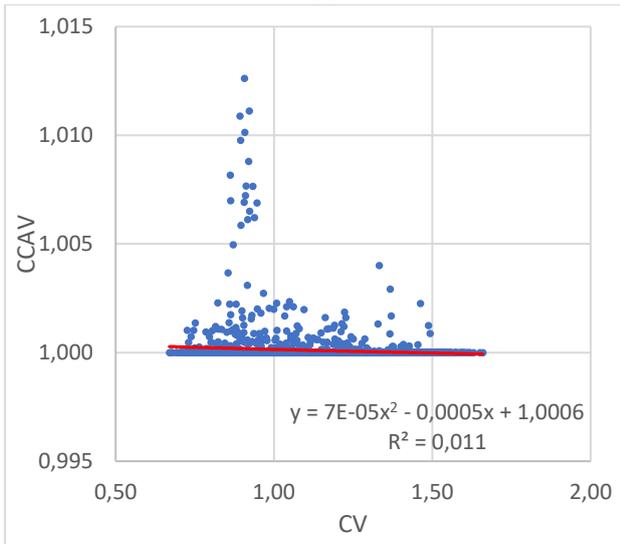
**VR=2m<sup>3</sup>**



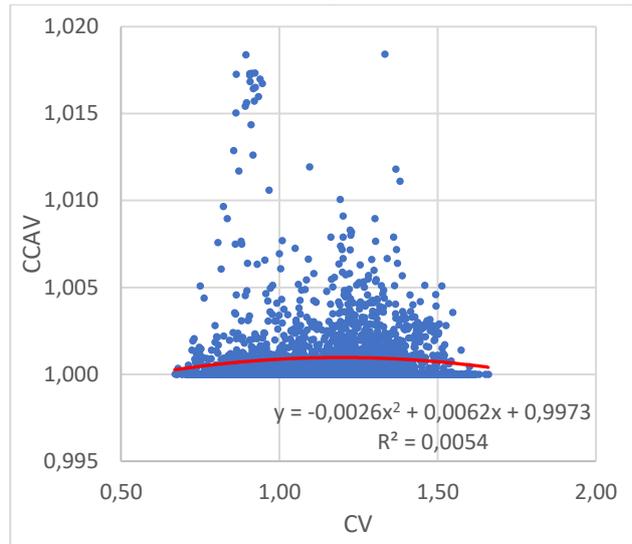
**Legenda:**

- **Pontos de Correlação**  
(CCAV x CV)
- **Linha de Tendência**  
(Polinomial 2º Grau)

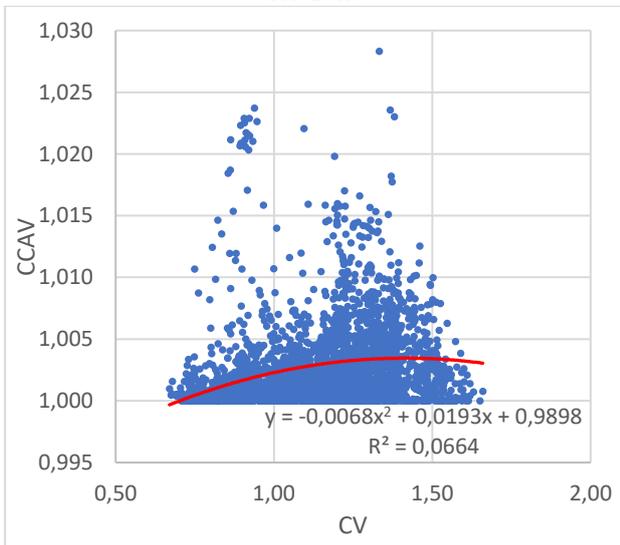
**VR=30m<sup>3</sup>**



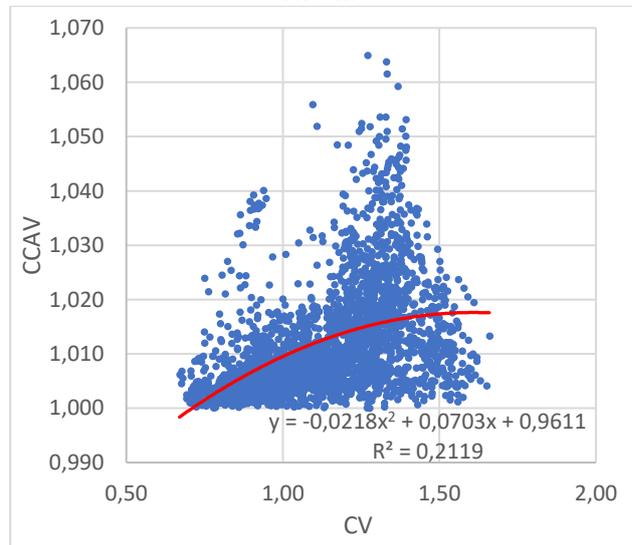
**VR=15m<sup>3</sup>**



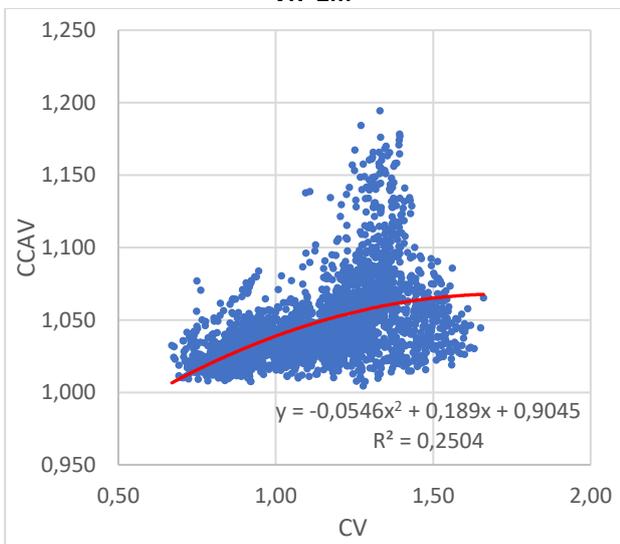
**VR=10m<sup>3</sup>**



**VR=5m<sup>3</sup>**



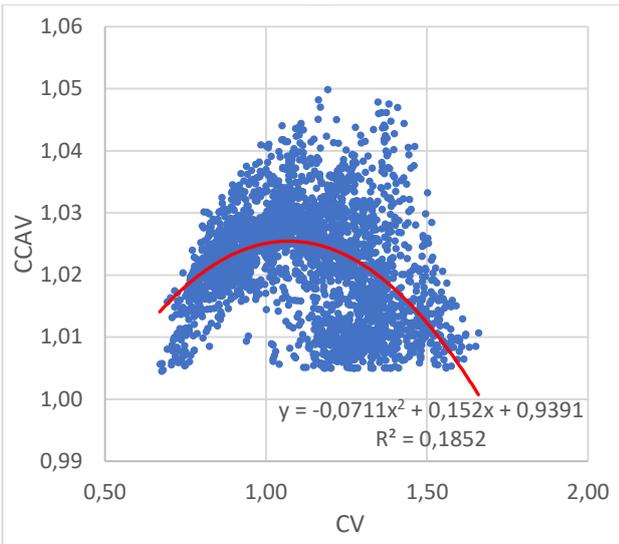
**VR=2m<sup>3</sup>**



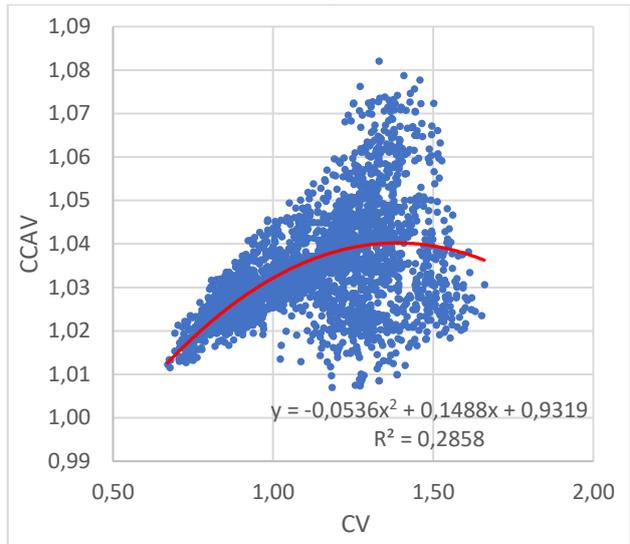
**Legenda:**

- **Pontos de Correlação**  
(CCAV x CV)
- **Linha de Tendência**  
(Polinomial 2º Grau)

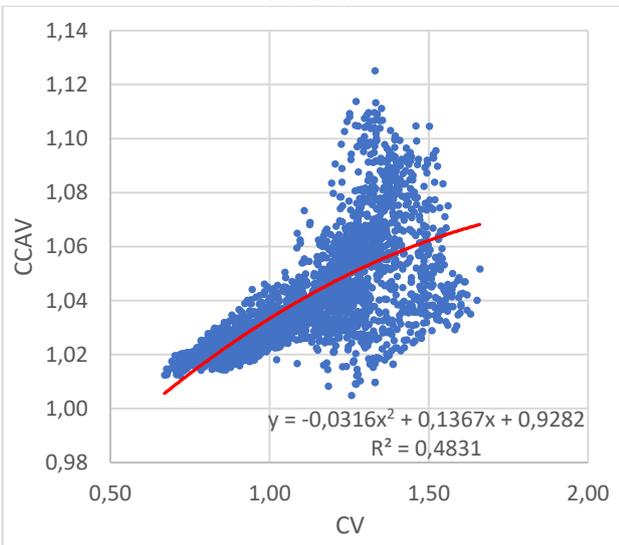
VR=30m<sup>3</sup>



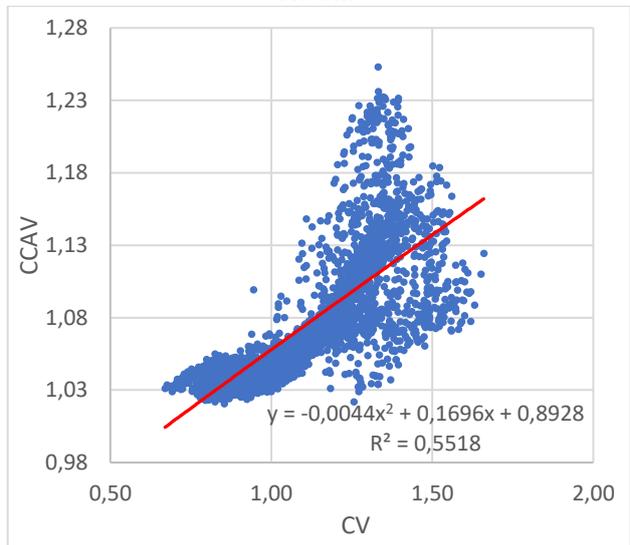
VR=15m<sup>3</sup>



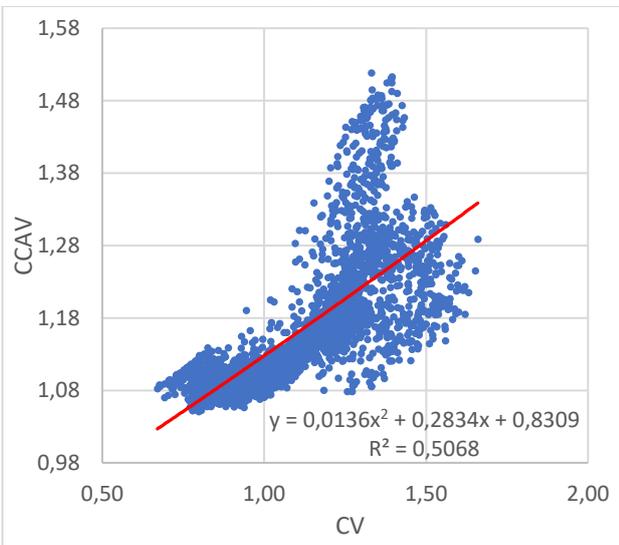
VR=10m<sup>3</sup>



VR=5m<sup>3</sup>



VR=2m<sup>3</sup>



Legenda:

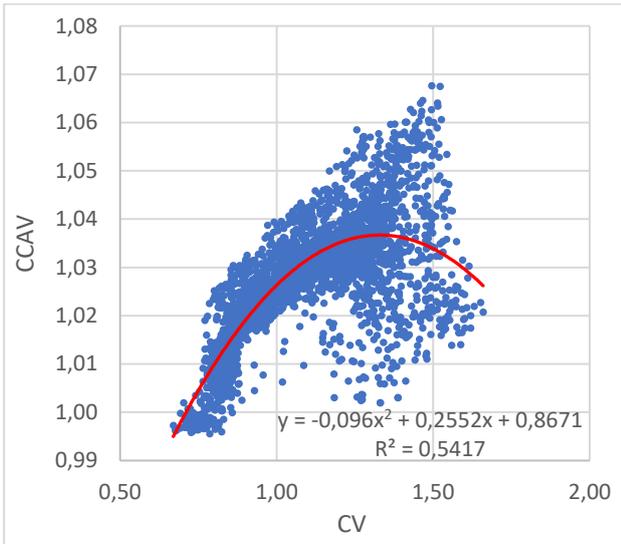
- Pontos de Correlação (CCAV x CV)
- Linha de Tendência (Polinomial 2º Grau)

# Correlação CCAV x CV

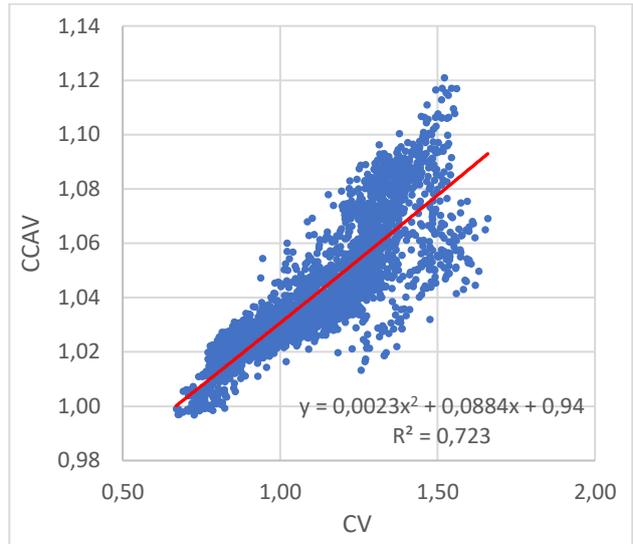
# PADRÃO ALTO

Ac = 300m<sup>2</sup>

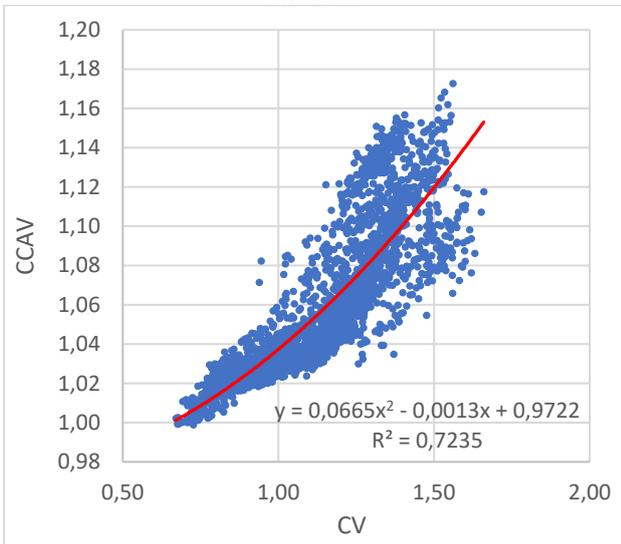
VR=30m<sup>3</sup>



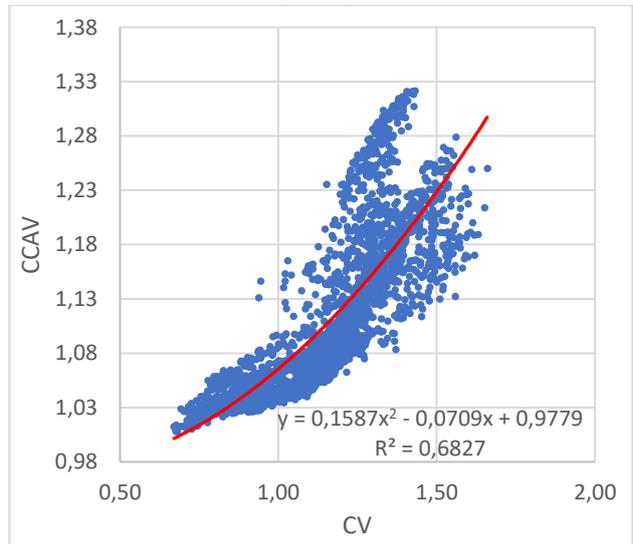
VR=15m<sup>3</sup>



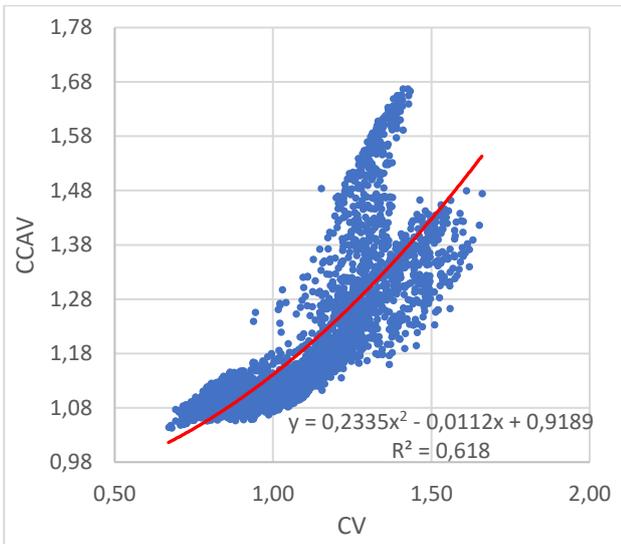
VR=10m<sup>3</sup>



VR=5m<sup>3</sup>



VR=2m<sup>3</sup>



### Legenda:

-  Pontos de Correlação (CCAV x CV)
-  Linha de Tendência (Polinomial 2º Grau)

## APÊNDICE D

Tabelas com valores de CEV, CEVE e CCAV calculados para as capitais brasileiras e Brasília.

Região	Estado	Capital	Página
<b>Nordeste</b>	Rio Grande do Norte	Natal	183
	Paraíba	João Pessoa	184
	Pernambuco	Recife	185
	Alagoas	Maceió	186
	Sergipe	Aracaju	187
	Ceará	Fortaleza	188
	Bahia	Salvador	189
	Piauí	Teresina	190
	Maranhão	São Luís	191
<b>Sudeste</b>	Espírito Santo	Vitória	192
	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	193
	São Paulo	São Paulo	194
	Minas Gerais	Belo Horizonte	195
<b>Norte</b>	Rondônia	Porto Velho	196
	Acre	Rio Branco	197
	Amazonas	Manaus	198
	Roraima	Boa Vista	199
	Pará	Belém	200
	Amapá	Macapá	201
	Tocantins	Palmas	202
<b>Centro-Oeste</b>	Mato Grosso	Cuiabá	203
	Goiás	Goiânia	204
	Mato Grosso do Sul	Campo Grande	205
	Distrito Federal	Brasília	206
<b>Sul</b>	Paraná	Curitiba	207
	Santa Catarina	Florianópolis	208
	Rio Grande do Sul	Porto Alegre	209

<b>Capital: Natal</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Rio Grande do Norte</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Nordeste</b>	-35,2	-5,8	-35,125	-6,125

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,82	2,42	2,94	2,42	3,55	4,32	3,03	5,88	7,68
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,64	4,70	5,49	4,83	6,73	7,94	6,06	11,23	14,30
	<b>10m<sup>3</sup></b>	5,41	6,86	7,91	7,16	9,76	11,42	9,06	16,25	20,50
	<b>15m<sup>3</sup></b>	10,50	12,96	14,75	13,83	18,18	21,17	17,80	30,06	37,43
	<b>30m<sup>3</sup></b>	24,38	29,23	32,98	31,82	40,60	46,73	42,13	67,33	82,41

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,13	2,58	2,13	3,12	3,80	2,67	5,17	6,76
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,20	4,14	4,83	4,25	5,92	6,99	5,33	9,88	12,58
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,76	6,03	6,96	6,30	8,59	10,04	7,97	14,29	18,04
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,24	11,40	12,98	12,17	15,99	18,63	15,66	26,45	32,93
	<b>30m<sup>3</sup></b>	21,45	25,72	29,02	28,00	35,71	41,11	37,07	59,23	72,50

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01	1,02	1,00	1,01	1,04
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,03	1,00	1,03	1,04	1,00	1,03	1,06
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,01	1,02	1,04	1,01	1,04	1,05	1,00	1,06	1,09
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,02	1,05	1,06	1,03	1,08	1,09	1,02	1,12	1,16
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,08	1,12	1,15	1,10	1,17	1,20	1,07	1,23	1,30

<b>Capital: João Pessoa</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Paraíba</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Nordeste</b>	-34,86	-7,12	-35,125	-7,125

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,00	2,66	3,20	2,66	3,88	4,66	3,33	6,44	8,34
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,99	5,14	5,95	5,31	7,35	8,63	6,65	12,34	15,69
	<b>10m<sup>3</sup></b>	5,93	7,50	8,60	7,86	10,65	12,46	9,95	17,97	22,66
	<b>15m<sup>3</sup></b>	11,56	14,23	16,22	15,24	20,15	23,36	19,61	33,71	41,77
	<b>30m<sup>3</sup></b>	27,14	32,78	36,85	35,51	45,54	52,18	46,79	75,49	92,51

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,13	2,58	2,13	3,12	3,80	2,67	5,17	6,76
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,20	4,14	4,83	4,25	5,92	6,99	5,33	9,88	12,58
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,76	6,03	6,96	6,30	8,59	10,04	7,97	14,29	18,04
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,24	11,40	12,98	12,17	15,99	18,63	15,66	26,45	32,93
	<b>30m<sup>3</sup></b>	21,45	25,72	29,02	28,00	35,71	41,11	37,07	59,23	72,50

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01	1,03	1,00	1,01	1,04
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,03	1,00	1,03	1,04	1,00	1,03	1,05
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,01	1,02	1,04	1,01	1,04	1,05	1,00	1,05	1,07
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,02	1,04	1,06	1,03	1,06	1,08	1,01	1,10	1,14
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,06	1,10	1,12	1,08	1,15	1,17	1,06	1,21	1,27

<b>Capital: Recife</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Pernambuco</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Nordeste</b>	-34,88	-8,05	-35,125	-8,125

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,39	3,13	3,72	3,18	4,51	5,24	3,98	7,52	9,32
	<b>5m<sup>3</sup></b>	4,72	5,98	6,76	6,27	8,41	9,58	7,94	14,23	17,39
	<b>10m<sup>3</sup></b>	7,00	8,67	9,68	9,28	12,11	13,79	11,85	20,53	25,03
	<b>15m<sup>3</sup></b>	13,55	16,21	18,09	17,80	22,66	25,70	23,23	38,17	46,17
	<b>30m<sup>3</sup></b>	31,28	36,85	40,89	40,83	50,85	57,64	54,69	85,18	102,80

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,10	2,49	2,13	3,03	3,51	2,67	5,04	6,25
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,17	4,01	4,53	4,20	5,64	6,42	5,32	9,55	11,66
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,70	5,81	6,49	6,22	8,12	9,25	7,95	13,77	16,78
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,09	10,87	12,13	11,94	15,20	17,24	15,58	25,60	30,96
	<b>30m<sup>3</sup></b>	20,98	24,71	27,42	27,38	34,10	38,65	36,67	57,12	68,94

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01	1,03	1,00	1,02	1,04
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,02	1,03	1,00	1,03	1,04	1,00	1,04	1,06
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,01	1,03	1,04	1,01	1,04	1,05	1,00	1,06	1,08
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,02	1,05	1,06	1,04	1,07	1,08	1,02	1,12	1,14
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,08	1,12	1,13	1,11	1,16	1,17	1,08	1,23	1,26

<b>Capital: Maceió</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Alagoas</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Nordeste</b>	-35,72	-9,66	-36,125	-9,625

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,14	2,84	3,46	2,86	4,18	4,95	3,57	6,89	8,79
	<b>5m<sup>3</sup></b>	4,28	5,52	6,34	5,68	7,80	9,05	7,15	13,10	16,46
	<b>10m<sup>3</sup></b>	6,35	7,98	9,11	8,39	11,30	13,04	10,68	19,09	23,74
	<b>15m<sup>3</sup></b>	12,28	15,11	17,07	16,21	21,27	24,41	20,96	35,97	44,28
	<b>30m<sup>3</sup></b>	29,00	34,87	39,04	38,05	48,76	55,63	50,37	82,53	101,19

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,12	2,58	2,13	3,12	3,69	2,67	5,14	6,56
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,19	4,12	4,73	4,24	5,82	6,75	5,33	9,78	12,28
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,74	5,96	6,79	6,26	8,43	9,73	7,97	14,24	17,72
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,16	11,27	12,74	12,09	15,87	18,21	15,64	26,84	33,04
	<b>30m<sup>3</sup></b>	21,64	26,02	29,13	28,39	36,38	41,51	37,59	61,58	75,50

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01	1,03	1,00	1,02	1,04
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,03	1,00	1,02	1,04	1,00	1,03	1,06
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,01	1,02	1,04	1,01	1,03	1,05	1,00	1,05	1,07
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,02	1,04	1,06	1,03	1,06	1,08	1,02	1,09	1,13
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,06	1,09	1,11	1,08	1,13	1,15	1,06	1,17	1,21

<b>Capital: Aracajú</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Sergipe</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Nordeste</b>	-37,07	-10,91	-37,125	-10,625

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,97	2,61	3,23	2,62	3,88	4,82	3,28	6,46	8,55
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,93	5,16	6,12	5,24	7,45	8,84	6,56	12,39	15,92
	<b>10m<sup>3</sup></b>	5,88	7,57	8,80	7,81	10,81	12,68	9,81	17,97	22,84
	<b>15m<sup>3</sup></b>	11,49	14,34	16,44	15,11	20,27	23,57	19,27	33,59	42,32
	<b>30m<sup>3</sup></b>	26,85	32,75	37,18	35,10	45,85	52,98	46,01	76,34	94,31

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,13	2,62	2,13	3,16	3,92	2,67	5,25	6,95
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,20	4,20	4,98	4,26	6,06	7,19	5,33	10,08	12,95
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,78	6,16	7,16	6,35	8,80	10,32	7,98	14,61	18,58
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,35	11,66	13,37	12,29	16,49	19,17	15,68	27,32	34,42
	<b>30m<sup>3</sup></b>	21,84	26,63	30,24	28,55	37,29	43,10	37,43	62,09	76,71

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,02	1,00	1,01	1,04
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,03	1,00	1,02	1,04	1,00	1,04	1,06
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,00	1,02	1,04	1,00	1,04	1,05	1,00	1,06	1,09
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,02	1,05	1,06	1,03	1,08	1,09	1,02	1,11	1,15
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,08	1,12	1,13	1,10	1,16	1,18	1,06	1,21	1,26

<b>Capital: Fortaleza</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Ceará</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Nordeste</b>	-38,54	-3,72	-38,625	-4,125

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,64	2,16	2,57	2,19	3,10	3,62	2,74	5,09	6,29
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,26	4,07	4,60	4,33	5,67	6,45	5,47	9,56	11,54
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,81	5,83	6,53	6,35	8,14	9,18	8,20	13,85	16,63
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,21	10,89	12,04	12,15	15,20	17,06	16,23	26,13	31,15
	<b>30m<sup>3</sup></b>	21,51	25,05	27,59	28,44	34,81	38,98	39,01	60,11	70,97

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,11	2,50	2,13	3,02	3,52	2,67	4,96	6,13
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,18	3,97	4,48	4,22	5,52	6,29	5,33	9,32	11,25
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,69	5,68	6,37	6,19	7,94	8,95	7,99	13,50	16,21
	<b>15m<sup>3</sup></b>	8,97	10,62	11,74	11,84	14,81	16,63	15,82	25,47	30,36
	<b>30m<sup>3</sup></b>	20,97	24,41	26,89	27,72	33,93	37,99	38,03	58,60	69,18

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01	1,03	1,00	1,03	1,06
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,02	1,04	1,00	1,04	1,06	1,00	1,05	1,08
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,01	1,03	1,05	1,02	1,05	1,07	1,00	1,06	1,10
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,03	1,06	1,08	1,04	1,09	1,11	1,01	1,11	1,15
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,07	1,12	1,14	1,09	1,15	1,17	1,05	1,19	1,24

<b>Capital: Salvador</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Bahia</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Nordeste</b>	-38,49	-12,97	-38,625	-12,625

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,30	3,06	3,74	3,07	4,52	5,52	3,84	7,50	9,89
	<b>5m<sup>3</sup></b>	4,60	6,00	7,07	6,11	8,64	10,20	7,67	14,39	18,37
	<b>10m<sup>3</sup></b>	6,86	8,79	10,21	9,09	12,55	14,63	11,47	20,88	26,39
	<b>15m<sup>3</sup></b>	13,38	16,66	19,01	17,64	23,48	27,19	22,58	38,81	48,53
	<b>30m<sup>3</sup></b>	31,25	37,82	42,83	40,83	52,74	60,54	54,01	87,65	107,72

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,13	2,60	2,13	3,14	3,83	2,67	5,21	6,87
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,19	4,16	4,91	4,24	6,00	7,08	5,32	9,99	12,75
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,76	6,10	7,09	6,31	8,71	10,15	7,96	14,50	18,32
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,29	11,56	13,20	12,25	16,30	18,87	15,68	26,94	33,69
	<b>30m<sup>3</sup></b>	21,70	26,26	29,74	28,35	36,61	42,03	37,49	60,85	74,78

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01	1,02	1,00	1,01	1,04
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,03	1,00	1,02	1,04	1,00	1,03	1,07
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,00	1,02	1,04	1,01	1,04	1,06	1,00	1,05	1,09
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,02	1,05	1,07	1,02	1,08	1,10	1,01	1,11	1,16
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,07	1,12	1,14	1,09	1,17	1,19	1,06	1,22	1,29

<b>Capital: Teresina</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Piauí</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Nordeste</b>	-42,8	-5,09	-42,625	-5,125

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,05	2,67	3,10	2,73	3,76	4,23	3,44	6,20	7,32
	<b>5m<sup>3</sup></b>	4,05	4,93	5,44	5,34	6,77	7,47	6,87	11,54	13,54
	<b>10m<sup>3</sup></b>	5,92	7,01	7,67	7,81	9,68	10,67	10,24	16,71	19,52
	<b>15m<sup>3</sup></b>	11,26	13,03	14,19	14,85	18,06	19,93	20,07	31,41	36,48
	<b>30m<sup>3</sup></b>	26,19	29,93	32,48	34,52	41,24	45,48	47,96	71,20	82,45

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,59	2,07	2,40	2,12	2,91	3,28	2,67	4,81	5,68
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,14	3,82	4,21	4,14	5,25	5,79	5,33	8,94	10,50
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,59	5,44	5,95	6,05	7,50	8,28	7,94	12,95	15,14
	<b>15m<sup>3</sup></b>	8,73	10,10	11,01	11,52	14,00	15,46	15,56	24,35	28,29
	<b>30m<sup>3</sup></b>	20,31	23,21	25,18	26,77	31,98	35,27	37,19	55,21	63,93

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,02	1,00	1,02	1,04	1,00	1,02	1,05
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,02	1,04	1,01	1,04	1,05	1,00	1,05	1,07
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,01	1,04	1,05	1,02	1,05	1,06	1,01	1,06	1,08
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,03	1,06	1,07	1,04	1,07	1,08	1,02	1,10	1,13
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,07	1,10	1,12	1,09	1,14	1,15	1,06	1,19	1,22

<b>Capital: São Luís</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Maranhão</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Nordeste</b>	-44,28	-2,53	-44,125	-2,625

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	3,01	3,50	3,74	3,90	4,65	4,96	5,14	7,89	8,80
	<b>5m<sup>3</sup></b>	5,50	6,16	6,53	7,19	8,34	8,93	10,18	14,80	16,59
	<b>10m<sup>3</sup></b>	7,87	8,77	9,29	10,38	12,02	12,90	15,11	21,58	24,26
	<b>15m<sup>3</sup></b>	14,86	16,51	17,57	19,79	22,89	24,67	29,43	41,20	46,39
	<b>30m<sup>3</sup></b>	35,02	38,83	41,42	46,64	53,79	58,05	70,00	96,30	108,24

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,56	1,81	1,94	2,02	2,40	2,57	2,66	4,08	4,55
	<b>5m<sup>3</sup></b>	2,84	3,19	3,38	3,72	4,32	4,62	5,27	7,65	8,58
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,07	4,54	4,81	5,37	6,22	6,67	7,82	11,16	12,55
	<b>15m<sup>3</sup></b>	7,68	8,54	9,09	10,23	11,84	12,76	15,23	21,31	24,00
	<b>30m<sup>3</sup></b>	18,12	20,09	21,42	24,12	27,83	30,03	36,21	49,82	55,99

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,01	1,02	1,03	1,01	1,03	1,04	1,00	1,04	1,05
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,02	1,04	1,05	1,03	1,05	1,05	1,00	1,05	1,05
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,03	1,04	1,05	1,03	1,05	1,05	1,01	1,06	1,06
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,04	1,05	1,05	1,04	1,06	1,06	1,03	1,08	1,08
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,07	1,08	1,08	1,08	1,10	1,10	1,07	1,14	1,15

<b>Capital: Vitória</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Espírito Santo</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Sudeste</b>	-40,37	-20,33	-40,625	-20,125

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,22	2,95	3,56	2,96	4,29	5,18	3,70	7,05	9,12
	<b>5m<sup>3</sup></b>	4,41	5,65	6,60	5,83	8,05	9,40	7,34	13,30	16,84
	<b>10m<sup>3</sup></b>	6,51	8,19	9,40	8,59	11,56	13,44	10,93	19,20	24,10
	<b>15m<sup>3</sup></b>	12,53	15,29	17,39	16,45	21,47	24,85	21,34	35,66	44,02
	<b>30m<sup>3</sup></b>	28,97	34,65	38,93	37,74	47,90	54,76	50,39	79,06	95,93

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,12	2,56	2,13	3,09	3,73	2,66	5,07	6,56
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,17	4,07	4,75	4,20	5,79	6,77	5,28	9,58	12,13
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,69	5,90	6,77	6,18	8,32	9,68	7,87	13,83	17,35
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,02	11,01	12,52	11,84	15,46	17,89	15,37	25,68	31,69
	<b>30m<sup>3</sup></b>	20,86	24,95	28,03	27,17	34,49	39,43	36,28	56,92	69,07

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,01	1,00	1,02	1,03	1,00	1,03	1,05
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,02	1,03	1,01	1,04	1,05	1,01	1,05	1,07
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,01	1,03	1,05	1,02	1,05	1,06	1,01	1,08	1,10
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,04	1,07	1,07	1,05	1,09	1,10	1,03	1,14	1,17
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,10	1,13	1,15	1,13	1,18	1,21	1,09	1,26	1,32

<b>Capital: Rio de Janeiro</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Rio de Janeiro</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Sudeste</b>	-43,19	-22,93	-43,125	-22,625

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,89	3,79	4,36	3,85	5,34	6,06	4,83	8,93	10,89
	<b>5m<sup>3</sup></b>	5,74	7,08	7,89	7,60	9,88	11,16	9,61	16,92	20,48
	<b>10m<sup>3</sup></b>	8,46	10,20	11,35	11,18	14,31	16,14	14,36	24,45	29,51
	<b>15m<sup>3</sup></b>	16,20	19,28	21,38	21,30	26,92	30,21	28,05	45,14	53,56
	<b>30m<sup>3</sup></b>	37,26	43,52	47,82	48,55	59,40	65,95	65,74	98,70	114,83

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,09	2,41	2,13	2,95	3,35	2,67	4,93	6,02
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,17	3,91	4,36	4,20	5,46	6,17	5,31	9,35	11,32
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,68	5,64	6,27	6,18	7,91	8,92	7,94	13,51	16,31
	<b>15m<sup>3</sup></b>	8,95	10,65	11,81	11,77	14,88	16,70	15,50	24,95	29,60
	<b>30m<sup>3</sup></b>	20,59	24,05	26,43	26,83	32,83	36,45	36,33	54,55	63,46

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,02	1,00	1,02	1,03	1,00	1,03	1,03
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,03	1,03	1,01	1,03	1,03	1,00	1,04	1,04
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,01	1,03	1,03	1,02	1,03	1,04	1,00	1,06	1,07
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,03	1,05	1,05	1,05	1,06	1,07	1,02	1,13	1,15
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,09	1,12	1,13	1,12	1,17	1,20	1,09	1,27	1,33

<b>Capital: São Paulo</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: São Paulo</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Sudeste</b>	-46,62	-23,59	-46,625	-23,625

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,51	3,31	3,97	3,35	4,81	5,57	4,19	8,01	9,87
	<b>5m<sup>3</sup></b>	4,99	6,38	7,20	6,62	8,96	10,12	8,38	15,20	18,42
	<b>10m<sup>3</sup></b>	7,41	9,23	10,30	9,83	12,92	14,59	12,53	21,96	26,47
	<b>15m<sup>3</sup></b>	14,42	17,33	19,21	19,01	24,11	27,14	24,69	40,40	47,93
	<b>30m<sup>3</sup></b>	33,22	39,00	42,83	43,22	53,05	58,88	58,29	87,37	101,45

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,11	2,53	2,13	3,06	3,55	2,67	5,10	6,28
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,17	4,06	4,58	4,21	5,70	6,44	5,33	9,68	11,73
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,71	5,87	6,56	6,26	8,23	9,29	7,98	13,98	16,85
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,18	11,03	12,23	12,10	15,35	17,27	15,72	25,72	30,51
	<b>30m<sup>3</sup></b>	21,15	24,83	27,27	27,51	33,77	37,48	37,10	55,61	64,58

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01	1,03	1,00	1,01	1,04
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,02	1,03	1,01	1,04	1,04	1,00	1,04	1,06
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,01	1,03	1,04	1,01	1,04	1,05	1,00	1,06	1,08
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,02	1,05	1,06	1,03	1,08	1,09	1,01	1,13	1,17
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,09	1,13	1,15	1,12	1,19	1,22	1,07	1,28	1,36

<b>Capital: Belo Horizonte</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Minas Gerais</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Sudeste</b>	-43,89	-19,91	-44,125	-20,125

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,00	2,66	3,20	2,66	3,88	4,66	3,33	6,44	8,34
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,99	5,14	5,95	5,31	7,35	8,63	6,65	12,34	15,69
	<b>10m<sup>3</sup></b>	5,93	7,50	8,60	7,86	10,65	12,46	9,95	17,97	22,66
	<b>15m<sup>3</sup></b>	11,56	14,23	16,22	15,24	20,15	23,36	19,61	33,71	41,77
	<b>30m<sup>3</sup></b>	27,14	32,78	36,85	35,51	45,54	52,18	46,79	75,49	92,51

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,13	2,57	2,13	3,11	3,73	2,67	5,16	6,68
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,20	4,12	4,77	4,25	5,89	6,91	5,33	9,89	12,57
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,76	6,02	6,89	6,30	8,54	9,99	7,97	14,40	18,17
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,27	11,41	13,00	12,22	16,15	18,73	15,72	27,02	33,48
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,60	2,13	2,57	2,13	3,11	3,73	2,67	5,16	6,68

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01	1,03	1,00	1,01	1,04
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,03	1,00	1,03	1,04	1,00	1,03	1,05
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,01	1,02	1,04	1,01	1,04	1,05	1,00	1,05	1,07
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,02	1,04	1,06	1,03	1,06	1,08	1,01	1,10	1,14
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,06	1,10	1,12	1,08	1,15	1,17	1,06	1,21	1,27

<b>Capital: Porto Velho</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Rondônia</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Norte</b>	-63,91	-8,74	-63,625	-8,625

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	3,61	4,34	4,53	4,79	5,72	6,08	6,03	9,96	11,00
	<b>5m<sup>3</sup></b>	6,97	7,69	8,10	9,18	10,48	11,16	12,05	18,95	20,97
	<b>10m<sup>3</sup></b>	10,06	11,06	11,66	13,34	15,22	16,23	18,06	27,92	30,89
	<b>15m<sup>3</sup></b>	19,18	21,12	22,29	25,72	29,41	31,35	35,87	54,24	59,92
	<b>30m<sup>3</sup></b>	46,12	50,81	53,61	61,53	70,46	74,98	86,48	126,27	140,21

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	1,92	2,00	2,12	2,53	2,69	2,67	4,41	4,87
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,09	3,40	3,59	4,06	4,64	4,94	5,33	8,38	9,28
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,45	4,90	5,16	5,90	6,73	7,18	7,99	12,35	13,67
	<b>15m<sup>3</sup></b>	8,49	9,35	9,87	11,38	13,01	13,87	15,87	24,00	26,51
	<b>30m<sup>3</sup></b>	20,41	22,48	23,72	27,23	31,18	33,18	38,27	55,87	62,04

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,02	1,02	1,00	1,02	1,02	1,00	1,02	1,02
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,01	1,02	1,02	1,01	1,02	1,02	1,00	1,02	1,03
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,00	1,02	1,03
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,02	1,02	1,03	1,02	1,02	1,03	1,01	1,04	1,04
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,03	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,04	1,10	1,10

<b>Capital: Rio Branco</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Acre</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Norte</b>	-67,84	-9,99	-67,625	-10,125

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	3,04	3,98	4,45	4,05	5,54	5,99	5,06	9,46	10,82
	<b>5m<sup>3</sup></b>	6,05	7,39	7,93	8,04	10,14	11,02	10,13	18,01	20,63
	<b>10m<sup>3</sup></b>	9,00	10,63	11,41	11,97	14,73	16,02	15,19	26,51	30,40
	<b>15m<sup>3</sup></b>	17,57	20,29	21,81	23,37	28,42	30,96	30,31	50,95	58,74
	<b>30m<sup>3</sup></b>	42,06	48,44	52,27	55,60	67,41	73,61	74,13	117,43	135,59

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,10	2,34	2,13	2,92	3,16	2,67	4,98	5,70
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,19	3,89	4,17	4,24	5,34	5,80	5,33	9,49	10,86
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,74	5,60	6,01	6,30	7,76	8,44	8,00	13,96	16,01
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,25	10,68	11,49	12,31	14,97	16,31	15,96	26,83	30,94
	<b>30m<sup>3</sup></b>	22,15	25,51	27,53	29,28	35,50	38,77	39,04	61,85	71,41

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,02	1,00	1,02	1,02	1,00	1,02	1,02
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,02	1,02	1,00	1,02	1,02	1,00	1,02	1,02
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,00	1,02	1,02	1,01	1,03	1,02	1,00	1,03	1,02
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	1,02	1,00	1,05	1,04
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,04	1,04	1,04	1,05	1,06	1,05	1,02	1,12	1,12

<b>Capital: Manaus</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Amazonas</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Norte</b>	-60,02	-3,16	-60,125	-3,125

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	3,69	4,54	4,85	4,90	6,22	6,67	6,20	10,72	12,32
	<b>5m<sup>3</sup></b>	7,19	8,34	8,99	9,52	11,49	12,55	12,39	20,44	23,58
	<b>10m<sup>3</sup></b>	10,53	12,03	12,98	13,97	16,74	18,32	18,58	30,04	34,68
	<b>15m<sup>3</sup></b>	20,22	23,04	24,89	26,99	32,29	35,31	36,89	57,93	66,47
	<b>30m<sup>3</sup></b>	48,24	54,98	59,24	64,06	76,42	83,18	88,86	134,22	153,66

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,59	1,95	2,09	2,11	2,68	2,87	2,67	4,61	5,30
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,09	3,59	3,87	4,10	4,95	5,40	5,33	8,80	10,15
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,53	5,18	5,58	6,01	7,21	7,88	7,99	12,93	14,92
	<b>15m<sup>3</sup></b>	8,70	9,91	10,71	11,61	13,89	15,20	15,87	24,93	28,60
	<b>30m<sup>3</sup></b>	20,76	23,66	25,49	27,57	32,88	35,80	38,24	57,76	66,13

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,00	1,00	1,02	1,01	1,00	1,02	1,02
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,01	1,02	1,02	1,01	1,02	1,02	1,00	1,03	1,02
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,00	1,03	1,03
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,02	1,03	1,02	1,03	1,03	1,03	1,01	1,05	1,06
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07	1,07	1,04	1,12	1,13

<b>Capital: Boa Vista</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Roraima</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Norte</b>	-60,73	2,84	-60,625	2,875

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,60	3,35	3,76	3,45	4,59	5,09	4,33	7,64	8,96
	<b>5m<sup>3</sup></b>	5,09	6,04	6,58	6,71	8,25	9,17	8,66	14,32	16,82
	<b>10m<sup>3</sup></b>	7,42	8,59	9,36	9,78	11,87	13,22	12,94	20,92	24,45
	<b>15m<sup>3</sup></b>	14,11	16,14	17,62	18,75	22,54	25,01	25,63	39,94	46,16
	<b>30m<sup>3</sup></b>	33,35	37,93	41,12	44,19	52,66	57,56	61,57	91,45	105,04

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,06	2,31	2,12	2,82	3,13	2,67	4,70	5,52
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,13	3,72	4,05	4,13	5,08	5,65	5,33	8,81	10,35
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,57	5,29	5,76	6,02	7,30	8,14	7,96	12,87	15,05
	<b>15m<sup>3</sup></b>	8,68	9,94	10,84	11,54	13,87	15,39	15,77	24,58	28,41
	<b>30m<sup>3</sup></b>	20,53	23,34	25,31	27,19	32,41	35,42	37,89	56,28	64,64

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,03	1,00	1,03	1,04	1,00	1,03	1,04
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,03	1,04	1,01	1,04	1,04	1,00	1,05	1,05
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,02	1,04	1,05	1,02	1,05	1,05	1,00	1,05	1,06
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,03	1,05	1,05	1,03	1,06	1,07	1,01	1,08	1,10
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,06	1,08	1,09	1,07	1,10	1,13	1,04	1,16	1,20

<b>Capital: Belém</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Pará</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Norte</b>	-48,48	-1,51	-48,625	-1,625

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	4,13	4,70	4,88	5,40	6,30	6,68	7,04	10,89	12,40
	<b>5m<sup>3</sup></b>	7,60	8,45	9,06	9,99	11,61	12,62	14,01	20,77	23,81
	<b>10m<sup>3</sup></b>	10,93	12,18	13,08	14,51	16,90	18,45	20,92	30,63	35,12
	<b>15m<sup>3</sup></b>	20,88	23,32	25,16	28,01	32,78	35,78	41,33	59,88	68,33
	<b>30m<sup>3</sup></b>	50,36	56,47	60,76	67,78	79,27	86,05	100,16	144,26	163,32

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,56	1,78	1,85	2,05	2,39	2,53	2,66	4,12	4,69
	<b>5m<sup>3</sup></b>	2,88	3,20	3,43	3,78	4,40	4,78	5,30	7,86	9,01
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,14	4,61	4,95	5,49	6,40	6,98	7,92	11,59	13,29
	<b>15m<sup>3</sup></b>	7,90	8,83	9,52	10,60	12,41	13,54	15,64	22,66	25,86
	<b>30m<sup>3</sup></b>	19,06	21,37	23,00	25,65	30,00	32,57	37,91	54,60	61,81

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,00	1,01	1,02	1,01	1,00	1,02	1,02
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	1,02	1,00	1,02	1,02
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,02	1,03	1,03	1,02	1,03	1,02	1,00	1,03	1,03
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,02	1,03	1,03	1,02	1,03	1,03	1,01	1,03	1,04
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,03	1,03	1,04	1,03	1,04	1,05	1,04	1,06	1,08

<b>Capital: Macapá</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Amapá</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Norte</b>	-51,07	0,03	-51,125	0,375

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	3,71	4,35	4,56	4,91	5,75	6,09	6,23	10,00	11,02
	<b>5m<sup>3</sup></b>	7,04	7,72	8,12	9,26	10,49	11,17	12,45	18,98	21,02
	<b>10m<sup>3</sup></b>	10,14	11,08	11,68	13,44	15,23	16,24	18,66	27,94	30,96
	<b>15m<sup>3</sup></b>	19,28	21,13	22,34	25,83	29,41	31,42	36,92	54,30	60,23
	<b>30m<sup>3</sup></b>	46,22	50,88	53,80	61,89	70,77	75,55	89,53	129,24	143,69

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,59	1,86	1,95	2,10	2,46	2,61	2,67	4,28	4,72
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,02	3,31	3,48	3,97	4,49	4,78	5,33	8,13	9,00
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,34	4,74	5,00	5,76	6,53	6,96	7,99	11,97	13,26
	<b>15m<sup>3</sup></b>	8,26	9,05	9,57	11,06	12,60	13,46	15,81	23,26	25,80
	<b>30m<sup>3</sup></b>	19,80	21,79	23,04	26,51	30,31	32,36	38,35	55,36	61,55

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,02	1,02	1,00	1,02	1,02	1,00	1,02	1,03
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,01	1,02	1,03	1,02	1,03	1,03	1,00	1,03	1,03
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,02	1,03	1,03	1,02	1,03	1,03	1,00	1,03	1,03
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,02	1,03	1,03	1,02	1,03	1,03	1,01	1,04	1,04
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,04	1,08	1,08

<b>Capital: Palmas</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Tocantins</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Norte</b>	-48,36	-10,27	-48,125	-10,125

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,72	3,55	3,86	3,63	4,81	5,10	4,53	8,19	9,08
	<b>5m<sup>3</sup></b>	5,40	6,40	6,75	7,16	8,68	9,20	9,06	15,44	17,12
	<b>10m<sup>3</sup></b>	7,96	9,14	9,63	10,49	12,53	13,29	13,55	22,55	25,01
	<b>15m<sup>3</sup></b>	15,17	17,26	18,22	20,08	23,91	25,36	26,83	42,94	47,91
	<b>30m<sup>3</sup></b>	35,70	40,62	42,98	47,27	56,03	59,73	65,21	99,13	111,43

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,09	2,27	2,13	2,83	3,00	2,67	4,81	5,34
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,18	3,77	3,97	4,21	5,11	5,41	5,33	9,08	10,07
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,68	5,38	5,66	6,17	7,37	7,82	7,97	13,26	14,71
	<b>15m<sup>3</sup></b>	8,93	10,15	10,72	11,81	14,06	14,92	15,78	25,25	28,18
	<b>30m<sup>3</sup></b>	21,00	23,89	25,28	27,80	32,95	35,13	38,35	58,30	65,54

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,03	1,00	1,02	1,03	1,00	1,03	1,03
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,03	1,03	1,01	1,03	1,03	1,00	1,03	1,04
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,01	1,03	1,03	1,02	1,03	1,03	1,00	1,04	1,04
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,03	1,03	1,04	1,03	1,04	1,04	1,01	1,06	1,07
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,05	1,06	1,06	1,06	1,08	1,08	1,03	1,13	1,13

<b>Capital: Cuiabá</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Mato Grosso</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Centro-Oeste</b>	-56,09	-15,61	-56,126	-15,625

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,50	3,30	3,85	3,34	4,71	5,28	4,17	7,91	9,39
	<b>5m<sup>3</sup></b>	4,98	6,26	6,93	6,61	8,77	9,55	8,34	15,18	17,73
	<b>10m<sup>3</sup></b>	7,40	9,08	9,90	9,82	12,70	13,80	12,51	22,25	25,92
	<b>15m<sup>3</sup></b>	14,49	17,29	18,75	19,24	24,16	26,39	24,92	42,11	48,96
	<b>30m<sup>3</sup></b>	34,57	40,30	43,70	45,42	55,61	60,81	60,64	94,63	109,35

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,11	2,46	2,13	3,01	3,38	2,67	5,06	6,00
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,19	4,00	4,43	4,23	5,61	6,11	5,33	9,70	11,34
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,73	5,81	6,33	6,28	8,12	8,82	8,00	14,23	16,57
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,26	11,06	11,99	12,30	15,45	16,87	15,93	26,92	31,31
	<b>30m<sup>3</sup></b>	22,11	25,77	27,94	29,04	35,55	38,88	38,77	60,50	69,92

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,02	1,00	1,01	1,04	1,00	1,02	1,04
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,03	1,00	1,02	1,04	1,00	1,02	1,04
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,01	1,02	1,03	1,01	1,03	1,04	1,00	1,03	1,05
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,01	1,03	1,04	1,02	1,04	1,05	1,00	1,07	1,09
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,04	1,07	1,08	1,06	1,10	1,11	1,03	1,17	1,20

<b>Capital: Goiânia</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Goiás</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Centro-Oeste</b>	-49,27	-16,69	-49,125	-16,625

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,44	3,23	3,69	3,25	4,54	4,95	4,06	7,65	8,77
	<b>5m<sup>3</sup></b>	4,87	6,03	6,53	6,47	8,32	8,89	8,12	14,50	16,49
	<b>10m<sup>3</sup></b>	7,22	8,69	9,30	9,56	11,98	12,82	12,18	21,08	24,06
	<b>15m<sup>3</sup></b>	13,94	16,38	17,51	18,46	22,68	24,40	24,15	39,66	45,31
	<b>30m<sup>3</sup></b>	32,86	37,81	40,61	43,20	52,07	56,21	58,32	89,93	102,45

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,12	2,42	2,13	2,98	3,25	2,67	5,02	5,76
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,19	3,96	4,29	4,24	5,46	5,84	5,33	9,52	10,82
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,74	5,70	6,10	6,27	7,86	8,42	8,00	13,84	15,79
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,15	10,75	11,50	12,12	14,89	16,02	15,85	26,04	29,75
	<b>30m<sup>3</sup></b>	21,57	24,82	26,66	28,36	34,18	36,90	38,29	59,04	67,25

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,02	1,00	1,02	1,03	1,00	1,02	1,04
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,03	1,03	1,00	1,03	1,04	1,00	1,04	1,04
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,01	1,03	1,04	1,01	1,04	1,04	1,00	1,05	1,05
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,02	1,04	1,04	1,03	1,05	1,05	1,01	1,09	1,09
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,06	1,08	1,08	1,08	1,11	1,11	1,04	1,18	1,19

<b>Capital: Campo Grande</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Mato Grosso do Sul</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Centro-Oeste</b>	-54,65	-20,45	-54,625	-20,625

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
CEV	2m <sup>3</sup>	2,31	3,08	3,82	3,08	4,60	5,63	3,85	7,66	10,11
	5m <sup>3</sup>	4,62	6,13	7,26	6,16	8,91	10,38	7,70	14,89	18,92
	10m <sup>3</sup>	6,92	9,06	10,48	9,22	13,00	14,96	11,54	21,65	27,09
	15m <sup>3</sup>	13,72	17,28	19,65	18,14	24,34	27,78	22,90	40,20	48,93
	30m <sup>3</sup>	32,41	39,11	43,57	42,25	53,76	60,24	55,10	88,13	104,31

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
CEVE	2m <sup>3</sup>	1,60	2,13	2,65	2,13	3,19	3,90	2,67	5,30	7,00
	5m <sup>3</sup>	3,20	4,24	5,02	4,26	6,17	7,18	5,33	10,31	13,10
	10m <sup>3</sup>	4,79	6,27	7,25	6,38	9,00	10,36	7,99	14,99	18,75
	15m <sup>3</sup>	9,49	11,96	13,61	12,56	16,85	19,23	15,85	27,83	33,87
	30m <sup>3</sup>	22,43	27,07	30,16	29,25	37,21	41,70	38,14	61,01	72,21

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
CCAV	2m <sup>3</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,03	1,00	1,00	1,03
	5m <sup>3</sup>	1,00	1,00	1,02	1,00	1,02	1,03	1,00	1,02	1,05
	10m <sup>3</sup>	1,00	1,01	1,03	1,00	1,03	1,04	1,00	1,05	1,08
	15m <sup>3</sup>	1,01	1,04	1,05	1,02	1,07	1,08	1,01	1,11	1,17
	30m <sup>3</sup>	1,06	1,12	1,15	1,08	1,18	1,21	1,05	1,26	1,35

<b>Capital: Brasília</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Distrito Federal</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Centro-Oeste</b>	-47,94	-15,78	-48,125	-15,625

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,38	3,16	3,67	3,17	4,50	4,92	3,97	7,50	8,69
	<b>5m<sup>3</sup></b>	4,75	5,95	6,45	6,31	8,18	8,82	7,93	14,10	16,26
	<b>10m<sup>3</sup></b>	7,05	8,51	9,18	9,34	11,75	12,71	11,88	20,42	23,50
	<b>15m<sup>3</sup></b>	13,61	15,90	17,20	17,95	22,02	23,90	23,50	38,27	43,77
	<b>30m<sup>3</sup></b>	31,77	36,46	39,19	41,82	50,05	54,29	56,78	86,65	98,61

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,12	2,47	2,13	3,02	3,30	2,67	5,04	5,84
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,19	4,00	4,34	4,24	5,50	5,93	5,33	9,48	10,93
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,74	5,72	6,17	6,28	7,90	8,54	7,99	13,73	15,80
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,15	10,69	11,56	12,07	14,80	16,06	15,80	25,72	29,42
	<b>30m<sup>3</sup></b>	21,36	24,51	26,34	28,11	33,64	36,50	38,17	58,25	66,28

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,02	1,00	1,02	1,03	1,00	1,02	1,04
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,02	1,03	1,00	1,04	1,04	1,00	1,04	1,05
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,01	1,03	1,04	1,01	1,04	1,04	1,00	1,06	1,06
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,03	1,05	1,05	1,04	1,06	1,06	1,01	1,10	1,11
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,07	1,09	1,11	1,09	1,13	1,14	1,04	1,18	1,22

<b>Capital: Curitiba</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Paraná</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Sul</b>	-49,27	-25,41	-49,125	-25,625

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,65	3,54	4,29	3,54	5,22	6,38	4,42	8,73	11,63
	<b>5m<sup>3</sup></b>	5,31	6,96	8,26	7,07	10,12	11,94	8,85	16,95	21,45
	<b>10m<sup>3</sup></b>	7,94	10,28	12,01	10,57	14,82	17,13	13,26	24,63	30,48
	<b>15m<sup>3</sup></b>	15,67	19,68	22,28	20,68	27,57	31,22	26,24	45,25	54,56
	<b>30m<sup>3</sup></b>	36,75	43,98	48,77	47,69	59,88	66,89	62,48	97,21	114,34

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,13	2,58	2,13	3,14	3,84	2,67	5,26	7,01
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,20	4,19	4,98	4,26	6,10	7,20	5,33	10,22	12,93
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,79	6,19	7,24	6,37	8,93	10,32	7,99	14,84	18,37
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,44	11,86	13,43	12,46	16,61	18,82	15,81	27,27	32,88
	<b>30m<sup>3</sup></b>	22,14	26,51	29,39	28,74	36,09	40,31	37,65	58,58	68,90

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01	1,03
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,01	1,00	1,01	1,03	1,00	1,02	1,06
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,02	1,00	1,02	1,05	1,00	1,04	1,10
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,01	1,03	1,06	1,02	1,07	1,10	1,01	1,12	1,20
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,07	1,13	1,17	1,10	1,20	1,25	1,06	1,29	1,40

<b>Capital: Florianópolis</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Santa Catarina</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Sul</b>	-48,56	-27,61	-48,625	-27,125

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,74	3,63	4,35	3,65	5,34	6,33	4,56	8,90	11,66
	<b>5m<sup>3</sup></b>	5,46	7,11	8,33	7,27	10,25	11,98	9,11	17,11	21,73
	<b>10m<sup>3</sup></b>	8,15	10,41	12,09	10,81	14,94	17,25	13,61	24,81	30,95
	<b>15m<sup>3</sup></b>	15,90	19,86	22,60	20,94	27,84	31,74	26,69	45,57	55,55
	<b>30m<sup>3</sup></b>	37,01	44,32	49,45	48,01	60,81	68,51	63,24	99,83	118,52

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,12	2,54	2,13	3,12	3,70	2,67	5,20	6,81
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,19	4,15	4,87	4,25	5,99	7,00	5,32	10,00	12,70
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,76	6,08	7,06	6,31	8,73	10,08	7,95	14,50	18,08
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,29	11,60	13,20	12,23	16,27	18,55	15,59	26,62	32,46
	<b>30m<sup>3</sup></b>	21,62	25,90	28,89	28,05	35,53	40,03	36,95	58,33	69,25

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,02	1,00	1,01	1,03
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,02	1,00	1,02	1,03	1,00	1,03	1,06
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,00	1,02	1,03	1,01	1,03	1,05	1,00	1,05	1,10
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,02	1,04	1,06	1,03	1,08	1,10	1,02	1,13	1,19
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,08	1,13	1,17	1,11	1,20	1,24	1,07	1,27	1,37

<b>Capital: Porto Alegre</b>	<b>Coordenadas Geográficas das Capitais</b>		<b>Coordenadas Geográficas do Coeficiente</b>	
<b>Estado: Rio Grande do Sul</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Região: Sul</b>	-51,21	-30,05	-51,125	-30,125

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	2,35	3,13	3,90	3,13	4,69	5,99	3,92	7,80	10,97
	<b>5m<sup>3</sup></b>	4,70	6,25	7,64	6,27	9,25	11,42	7,83	15,24	20,27
	<b>10m<sup>3</sup></b>	7,05	9,30	11,19	9,37	13,56	16,38	11,74	22,04	28,41
	<b>15m<sup>3</sup></b>	13,93	17,86	20,79	18,34	25,08	29,31	23,15	39,82	49,20
	<b>30m<sup>3</sup></b>	32,26	38,97	43,89	41,50	52,76	59,87	54,10	83,24	98,68

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CEVE</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,60	2,13	2,65	2,13	3,19	4,08	2,67	5,31	7,47
	<b>5m<sup>3</sup></b>	3,20	4,25	5,20	4,27	6,30	7,78	5,33	10,38	13,80
	<b>10m<sup>3</sup></b>	4,80	6,33	7,62	6,38	9,24	11,16	7,99	15,01	19,34
	<b>15m<sup>3</sup></b>	9,49	12,16	14,16	12,49	17,07	19,96	15,76	27,11	33,50
	<b>30m<sup>3</sup></b>	21,96	26,54	29,89	28,26	35,93	40,76	36,84	56,68	67,19

		Popular			Médio			Alto		
		A = 60m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 80m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 120m <sup>2</sup>	A = 100m <sup>2</sup>	A = 200m <sup>2</sup>	A = 300m <sup>2</sup>
<b>CCAV</b>	<b>2m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	1,03
	<b>5m<sup>3</sup></b>	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01	1,03	1,00	1,02	1,08
	<b>10m<sup>3</sup></b>	1,00	1,01	1,02	1,00	1,03	1,06	1,00	1,06	1,14
	<b>15m<sup>3</sup></b>	1,01	1,04	1,08	1,02	1,09	1,15	1,01	1,16	1,29
	<b>30m<sup>3</sup></b>	1,09	1,17	1,24	1,12	1,28	1,36	1,08	1,38	1,57

