



MANUAL TÉCNICO E DO USUÁRIO



Programa de Pós-Graduação em

**RECURSOS
HÍDRICOS**

Universidade Federal de Pelotas



Ferramenta Web para
aquisição de equações IDF
e da chuva de projeto para
locais monitorados e
não-monitorados no estado do
Rio Grande do Sul - Brasil

Versão 1 - Março de 2023



Programa de Pós-Graduação em

**RECURSOS
HÍDRICOS**

Universidade Federal de Pelotas

Reitora

Isabela Fernandes Andrade

Vice-Reitora

Úrsula Rosa da Silva

Pró-Reitor de Planejamento e Desenvolvimento

Paulo Roberto Ferreira Jr.

Coordenadora de Desenvolvimento do Plano Diretor

Cíntia Vieira Essinger

Chefe do Núcleo de Planejamento Ambiental:

Tatiane Lotufo Leite

Equipe de redação

Aryane Araujo Rodrigues

Tamara Leitzke Caldeira Beskow

Tirzah Moreira Siqueira

Felipe Saraiva dos Santos

Samuel Beskow

Revisão de texto

Tamara Leitzke Caldeira Beskow

Tirzah Moreira Siqueira

Projeto gráfico

Aryane Araujo Rodrigues

Tamara Leitzke Caldeira Beskow

Diagramação

Aryane Araujo Rodrigues

Universidade Federal de Pelotas

Catálogo na Publicação

I19 IDFGeo: ferramenta web para aquisição de equações IDF e da chuva de projeto para locais monitorados e não-monitorados no estado do Rio Grande do Sul – Brasil : manual técnico. [recurso eletrônico] / organizado por Aryane Araujo Rodrigues et.al, organizadores. – Pelotas: POU, 2023. 36 p. : il.

1,6 MB, E-book (PDF)
ISBN 978-65-84573-12-3

1. IDFGeo. 2. Manual Técnico. 3. Rio Grande do Sul. 4. Monitoramento. I. Rodrigues, Aryane, org. II. Beskow, Tamara Leitzke Caldeira, org III. Siqueira, Tirzah Moreira, org IV. Santos, Felipe Saraiva dos Santos, org V. Beskow, Samuel, org

CDD: 334

S U M Á R I O

- 06 METODOLOGIA UTILIZADA NA
OBTENÇÃO DAS EQUAÇÕES IDF
- 17 ACESSO E INTERFACE DA
FERRAMENTA
- 18 AQUISIÇÃO DAS INFORMAÇÕES
PARA OS LOCAIS MONITORADOS
- 21 AQUISIÇÃO DAS INFORMAÇÕES
PARA OS LOCAIS
NÃO-MONITORADOS
- 23 CONSIDERAÇÕES FINAIS
SOBRE A FERRAMENTA
- 24 REFERÊNCIAS
BIBLIOGRÁFICAS
- 27 APÊNDICE A
- 34 SOBRE

APRESENTAÇÃO

A IDFGeo é uma ferramenta *web* desenvolvida por membros do Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas ([GPHidro](#)) vinculado à Universidade Federal de Pelotas ([UFPeI](#)).

Seu objetivo é disponibilizar equações IDF e a chuva de projeto para locais monitorados e não-monitorados do estado do Rio Grande do Sul. O nome “IDFGeo” foi pensado para refletir seus principais aspectos: as equações IDF e o uso da geoestatística como técnica de interpolação espacial, que permitiu a estimativa dos coeficientes da equação IDF para os locais não-monitorados, em alta resolução espacial.

Diante da importância destas informações e do labor contido na sua obtenção, acredita-se que a IDFGeo é uma ferramenta de grande valia, pois a sua concepção permite a aquisição de equações IDF e da intensidade da chuva de forma simples e rápida.

Além disso, apesar desta ser a primeira versão da ferramenta, é pretensão dos desenvolvedores seguir atualizando-a não somente com informações para o estado do Rio Grande do Sul, mas para todo o Brasil, bem como com as equações IDF sob influência de cenários climáticos futuros projetados por alguns modelos climáticos.

IDFGeo - Versão: 1.0

Desenvolvedores:

Aryane Araujo Rodrigues, Felipe Saraiva dos Santos, Tamara Leitzke Caldeira Beskow, Tirezah Moreira Siqueira e Samuel Beskow.

Contato: idfgeo1@gmail.com

1. METODOLOGIA UTILIZADA NA OBTENÇÃO DAS EQUAÇÕES IDF

Foram adquiridas, junto ao HidroWeb - Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), 570 séries históricas de chuva total diária. Os estudos hidrológicos realizados no Brasil têm utilizado séries com no mínimo 10 a 15 anos de observações, (Caldeira et al., 2015; Ely e Dubreuil, 2017), pois o monitoramento hidrológico em alguns países, como o Brasil, ainda enfrenta obstáculos como a baixa densidade pluviométrica, e as falhas e inconsistência dos dados (TEODORO et al., 2014; OLIVEIRA, 2019). Dito isso, foram constituídas séries históricas de Chuva Máxima Diária Anual (CMDA), considerando os anos com no máximo 31 dias de falha. Além disso, foram utilizadas apenas séries com no mínimo 20 anos de observação.

O processamento das séries pluviométricas foi realizado com o auxílio do software *SYHDA – System of Hydrological Data Acquisition and Analysis* (VARGAS et al., 2019). Deste processamento, resultaram 281 séries históricas de Chuva Máxima Diária Anual (CMDA), sendo que 271 são oriundas de postos pluviométricos localizados no estado do Rio Grande do Sul (RS) e 10 no estado de Santa Catarina (SC), na região da fronteira entre ambos. A decisão de incluir séries de fora do RS foi no intuito de tentar minimizar o efeito de borda (RIOS, 2018), que pode ocorrer na interpolação espacial de variáveis regionalizadas, como os coeficientes da IDF. Segundo Rios (2018), o efeito de borda ocorre na região mais externa da área de interesse porque, geralmente, há pouca ou nenhuma vizinhança, ou seja, pontos com valores da variável, levando a erros de estimativa maiores nestes locais. Também foram buscadas séries de chuva do Uruguai e Argentina para o mesmo fim, porém não foi possível incluí-las no estudo.

Uma das premissas da análise de dados hidrológicos baseada na modelagem probabilística é a da hipótese de estacionariedade (Jakob, 2013), que afirma que as características estatísticas da série histórica não mudam significativamente no decorrer do tempo observado (Naghetini, 2017). Além disso, a variabilidade da chuva, especialmente sob influenciada pelas mudanças climáticas, são frequentemente mencionadas como facilitadores de alguns problemas ambientais e socioeconômicos,

como as enchentes, inundações, deslizamentos de terra, dentre outros (Birara et al., 2018). Assim, investigar a existência de tendências temporais em séries históricas de variáveis hidrometeorológicas antes de utilizá-las é uma ferramenta científica de grande valia na prática, quando o objetivo é obter estimativas mais confiáveis (Naghattini, 2017; Alemu and Bawoke, 2020).

Deste modo, antes de utilizar as séries de CMDA para o ajuste das equações IDF, foi conduzida uma análise de tendência nas séries CMDA conforme as recomendações da World Meteorological Organization (WMO) (IRANNEZHAD et al., 2016), isto é, empregando o teste de tendência não-paramétrico Mann-Kendall (MK) (MANN, 1945; KENDALL, 1975) associado ao teste Sen's Slope (SS) (SEN, 1968). O primeiro teste (MK) é amplamente utilizado para detectar tendências monotônicas significativas em séries hidrometeorológicas (ZAMANI et al., 2016), enquanto o SS visa fornecer a magnitude da tendência estatisticamente significativa.

Embora os testes MK e SS forneçam informação sobre a tendência e sua magnitude nas séries hidrológicas, não é possível inferir sobre o momento ao longo do tempo em que a mudança nos dados ocorreu. Para este fim, foi utilizado o teste de Pettitt (1979), o qual é um teste de homogeneidade não-paramétrico que visa identificar um ponto de mudança na série histórica de uma variável contínua. O principal motivo de utilizar o teste de Pettitt foi que, ao identificar o ponto de mudança significativo na série, foi possível excluir parte da série anterior ou posterior ao ponto de mudança e, caso a série continuasse com mais de 20 anos de extensão, utilizá-la no estudo ao invés de descartá-la. Deste modo, foi possível aumentar o número de séries históricas de CMDA sem tendência utilizadas no ajuste das equações IDF. Os resultados desta etapa do estudo estão disponíveis em Rodrigues et al. (2023a).

Uma vez realizada a análise de tendência, as 258 séries de CMDA estacionárias foram utilizadas na próxima etapa, que é de modelagem probabilística da CMDA por meio do ajuste de modelos de Funções Densidade de Probabilidade. No Brasil, distribuições probabilísticas mais simples como a Log-Normal de 2 e 3 parâmetros e a Gumbel são comumente utilizadas para este fim no ramo da hidrologia estatística. No entanto, estudos têm demonstrado a superioridade de distribuições probabilísticas multiparamétricas na modelagem hidrológica de variáveis de valores extremos, como a

CMDA (Beskow et al., 2015; Peleg et al., 2016; Alemaw and Chaoka, 2016; Agilan et al., 2017).

Assim, foram testados cinco modelos de distribuição de probabilidade à cada série de CMDA: Log-Normal a 2 parâmetros (LN 2P), Log-Normal a 3 parâmetros (LN 3P), Gumbel para Máximos, Generalizada de Valores Extremos (GEV) e Kappa, conforme descrito:

- Distribuição Log-Normal a 2 parâmetros (LN 2P)

A função densidade de probabilidade (FDP) da distribuição Log-Normal a 2 parâmetros, descrita por Naghettini e Pinto (2017), é dada por:

$$f_x(x) = \frac{1}{x \cdot \sigma_{\ln(x)} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{\ln(x) - \mu_{\ln(x)}}{\sigma_{\ln(x)}} \right]^2} \quad (1)$$

onde x é a CMDA, e $\mu_{\ln(x)}$ e $\sigma_{\ln(x)}$ são os parâmetros da distribuição, estimados através das equações 2 e 3 que representam, respectivamente, a média e o desvio padrão dos dados logaritmizados.

$$\mu_{\ln(x)} = \frac{\sum_{i=1}^N (\ln(x_i))}{N} \quad (2)$$

$$\sigma_{\ln(x)} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\ln(x_i) - \mu_{\ln(x)})^2} \quad (3)$$

- Distribuição Log-Normal a 3 parâmetros (LN 3P)

Conforme Naghettini e Pinto (2017), na distribuição Log-Normal a 3 parâmetros a FDP é semelhante à da LN 2P, porém da variável x é deduzido o α , que corresponde ao limite inferior da amostra. Assim, sua FDP é:

$$f(x) = \frac{1}{(x - \alpha) \cdot \sigma \cdot Y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{\ln(x - \alpha) - \mu_Y}{\sigma_Y} \right]^2} \quad (4)$$

$$Y = \ln(x - \alpha) \quad (5)$$

em que x é a CMDA; e μ_Y , σ_Y e α e são os parâmetros da distribuição, estimados pelo Método dos Momentos através das equações 6, 7 e 8:

$$\mu_Y = \ln\left(\frac{S}{\eta Y}\right) - 0,5 \ln(nY^2 + 1) \quad (6)$$

$$\sigma_Y = \sqrt{\ln(\eta Y^2 + 1)} \quad (7)$$

$$\alpha = \bar{X} - \frac{S}{\eta Y} \quad (8)$$

em que \bar{X} e s representam a média e o desvio padrão, respectivamente, da série de dados sem transformação η_Y (equação 9) é função de Φ (equação 10) e estimado através de γ (equação 11) que é calculado com base no coeficiente de assimetria:

$$\eta Y = \frac{\left(1 - \phi^{2/3}\right)}{\phi^{1/3}} \quad (9)$$

$$\Phi = \frac{\left[-\gamma + (\gamma^2 + 4)^{3/2}\right]}{2} \quad (10)$$

$$\gamma = \frac{n}{(n-1)(n-2)} * \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{S^3} \quad (11)$$

- Distribuição de Gumbel para máximos ou Assintótica de Valores Extremos do Tipo 1

A função densidade da distribuição Gumbel, apresentada por Mello e Silva (2013), é expressa por:

$$f(x) = \alpha e^{-\alpha(x-\mu)} - e^{-\alpha(x-\mu)} \quad (12)$$

Na qual x é a precipitação máxima diária anual e α e μ os parâmetros de escala e localização da distribuição de probabilidades, sendo estimados pelo Método dos Momentos-L.

- Distribuição Generalizada de Valores Extremos (GEV)

De acordo com Naghettini e Pinto (2017), a distribuição GEV apresenta a seguinte expressão da função cumulativa da probabilidade:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left((1-k) \left(\frac{x-\beta}{\alpha} \right) \right)^{\frac{1}{(k-1)}} * \exp \left\{ - \left[1 - k \left(\frac{x-\beta}{\alpha} \right) \right]^{\frac{1}{k}} \right\} \quad (13)$$

em que α , k e β são parâmetros de escala, forma e localização, respectivamente.

- Distribuição Kappa

Conforme Hosking (1994), a FDP da distribuição Kappa é descrita como:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[1 - \frac{k(x - \varepsilon)}{\alpha} \right]^{\frac{1}{(k-1)}} * F(x)^{1-h} \quad (14)$$

onde x é a precipitação máxima diária anual, ξ e μ são parâmetros de escala e localização, e k e h são parâmetros de forma. $F(X)$ é a função cumulativa de probabilidade (FCP), dada por:

$$F(X) = \left\{ 1 - h \left[1 - \frac{k(x - \varepsilon)}{\alpha} \right]^{\frac{1}{k}} \right\}^{\frac{1}{h}} \quad (15)$$

O ajuste dos parâmetros das distribuições de probabilidade foi realizado utilizando método dos momentos-L (MM-L), frequentemente empregado na estimativa de parâmetros em análises de variáveis hidrológicas (BESKOW et al., 2015; CALDEIRA et al., 2015).

A adequação dos modelos às séries de CMDA foi verificada com a aplicação do teste de aderência Anderson-Darling (AD), proposto por D'Agostino e Stephens (1986):

$$AD = -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (2i-1) \cdot [\ln F(X_i) + \ln(1 - F(X_{n-i+1}))] \quad (16)$$

onde n é o tamanho da amostra, $F(X)$ é a função cumulativa da probabilidade da distribuição em questão e i é o enésimo valor quando os dados são ordenados em ordem crescente.

O teste considera a hipótese de nulidade (H_0) de que os dados obedecem à distribuição ajustada, ao nível de significância de 5%. O valor calculado é multiplicado por um fator de correção, que é função da distribuição de probabilidade. Posteriormente, esse valor calculado é comparado com o valor tabelado, que é função da distribuição de probabilidade e do nível de significância sob o qual o teste foi conduzido.

Após a modelagem probabilística, concluiu-se as distribuições mais adequadas às séries de CMDA foram as multiparamétricas Kappa e a GEV. A partir destes dois modelos de FDP, foram estimadas as lâminas de CMDA (mm) associadas a diferentes tempos de retorno (TR) (de 2 a 100 anos). Posteriormente, empregando a técnica de desagregação de chuva diária (DCD) pelo Método da Relação das Durações (MRD), estas lâminas foram utilizadas na obtenção dos valores de CMDA em durações inferiores a 1 dia (TUCCI, 2009), a saber: 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos, e 1, 6, 8, 10, 12 e 24 horas.

Segundo Damé et al. (2006), o MRD destaca-se por ser simples de aplicar e fornecer resultados satisfatórios na obtenção de lâminas de chuva com duração menor que a diária. Para obtê-las, foram utilizadas as constantes de desagregação de chuva propostas pela CETESB (1979) (Tabela 1), que relacionam a chuva de 1 dia com as durações de 24, 12, 10, 8, 6 e 1 hora e 30, 25, 20, 15, 10 e 5 minutos:

Tabela 1 - Valores das constantes de desagregação de chuvas intensas para a cidade de São Paulo. Fonte: CETESB (1979).

Relação das durações	Constante de desagregação	Relação das durações	Constante de desagregação
h_{24}/h_{dia}	1,14	$h_{30'}/h_1$	0,74
h_{12}/h_{24}	0,85	$h_{25'}/h_{30'}$	0,91
h_{10}/h_{24}	0,82	$h_{20'}/h_{30'}$	0,81
h_8/h_{24}	0,78	$h_{15'}/h_{30'}$	0,70
h_6/h_{24}	0,72	$h_{10'}/h_{30'}$	0,54
h_1/h_{24}	0,42	$h_{5'}/h_{30'}$	0,34

Essas constantes foram escolhidas em decorrência dos resultados do estudo de Caldeira et al. (2015), que avaliou a aplicabilidade de diferentes grupos de constantes de desagregação aplicadas à DCD no Estado do RS, e constatou a superioridade das da CETESB (1979) em detrimento às demais testadas.

Feito isso, um conjunto de dados de lâmina de chuva associados a diferentes tempos de retorno e durações foi obtido. Em seguida, foi realizado o ajuste dos

coeficientes da IDF para cada posto pluviométrico, empregando o modelo matemático proposto por Chow (1962), que relaciona três principais grandezas características da chuva, conhecido como equação IDF:

$$I = \frac{a*TR^b}{(c+td)^d} \quad (17)$$

Em que I é a intensidade da chuva (mm.h^{-1}), TR é o tempo de retorno (anos), td é a duração da chuva (minutos) e a , b , c e d são coeficientes ajustados com base na série de CMDA para o local de cada posto pluviométrico.

O ajuste dos coeficientes do modelo matemático escolhido (equação 17) foi conduzido no *software* RStudio, utilizando como função objetivo para o seu ajuste o Coeficiente de Nash-Sutcliffe (C_{NS}) (NASH; SUTCLIFFE, 1970), amplamente utilizado para avaliar estimativas e desempenho de modelos no ramo da hidrologia:

$$C_{NS} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (I_{obs} - I_{est})^2}{\sum_{i=1}^n (I_{obs} - \overline{I_{obs}})^2} \quad (18)$$

Em que I_{obs} é a intensidade de chuva calculada a partir da modelagem probabilística da CMDA e sua desagregação, fixando-se um dado tempo de retorno e duração; I_{est} é a intensidade de chuva simulada pela equação IDF considerando os coeficientes a , b , c e d para o local de cada posto pluviométrico.

Os valores de C_{NS} podem variar de $-\infty$ a 1 e, de acordo com Motovilov et al. (2000), pode ser interpretado da seguinte maneira: $C_{NS} = 1$ indica um ajuste perfeito; $C_{NS} > 0,75$ representa um bom ajuste; e $0,36 < C_{NS} < 0,75$ indica um ajuste aceitável.

Uma vez obtidas as equações IDF para os locais monitorados (os resultados desta etapa estão disponíveis em Rodrigues et al. (2023b)), foi realizada uma análise estatística exploratória univariada, bivariada e de distribuição espacial dos coeficientes a , b , c e d , que é um importante passo antecedente à interpolação espacial com métodos

geoestatísticos. Além disso, foram avaliadas variáveis secundárias a serem utilizadas no método de interpolação de Cokrigagem Ordinária.

De acordo com Ferreira et al. (2013), depois da etapa de análise exploratória do conjunto de dados, a construção do semivariograma é a mais importante etapa da análise geoestatística, pois desempenha o papel central de descrever qualitativa e quantitativamente a estrutura de variabilidade espacial da variável em estudo (neste caso, os coeficientes da equação IDF).

Assim, foi realizada a modelagem da estrutura de variabilidade espacial dos coeficientes a e b da equação IDF e das variáveis secundárias por meio do ajuste dos semivariogramas experimentais e teóricos. Os semivariogramas experimentais diretos (coeficiente a , coeficiente b , CMDA média, CMDA máxima e Distância do Oceano) e cruzados (Coeficiente a x CMDA média, Coeficiente a x Distância do Oceano, e Coeficiente b x CMDA máxima) foram construídos considerando o efeito de anisotropia, e, portanto, em 8 direções a partir do azimute (de $22,5^\circ$ em $22,5^\circ$), bem como o omnidirecional (sem considerar o efeito de anisotropia) utilizando as seguintes equações:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2 \cdot N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (19)$$

$$\hat{\gamma}_{1,2}(h) = \frac{1}{2 \cdot N(h)} \left\{ \sum_{i=1}^{N(h)} [z_1(x_i) - z_1(x_i + h)] \cdot [z_2(x_i) - z_2(x_i + h)] \right\} \quad (20)$$

Onde $\gamma(h)$ é a semivariância calculada para os pontos, separados pela distância h ; $N(h)$ é o número de $z(x_i)$ e $z(x_i+h)$ pares separados pela distância h ; e z_1 e z_2 são os valores das variáveis primárias e secundárias, respectivamente.

Posteriormente, foram testados os ajustes dos modelos teóricos Gaussiano, Esférico e Exponencial, sendo que para a interpolação propriamente dita foi utilizado o modelo teórico que melhor se ajustou aos semivariogramas experimentais, de acordo com os resultados das medidas de erro de ajuste. As equações dos modelos teóricos podem ser visualizadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Equações dos modelos teóricos de semivariância

Modelo	Equação
Esférico	$\begin{cases} \gamma(h) = C_o + C \left[1.5 \cdot \frac{h}{a} - 0.5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] & \text{onde } h < a \\ \gamma(h) = C_o + C & \text{onde } h \geq a \\ \gamma(h) = C_o & \text{onde } h = 0 \end{cases}$
Exponencial	$\begin{cases} \gamma(h) = C_o + C \left[1 - \exp\left(-\frac{3h}{a}\right) \right] \\ \gamma(h) = C_o \end{cases} \quad \text{onde } h = 0$
Gaussiano	$\begin{cases} \gamma(h) = C_o + C \left[1 - \exp\left(-\left(\frac{3h}{a}\right)^2\right) \right] \\ \gamma(h) = C_o \end{cases} \quad \text{onde } h = 0$

Uma vez feita a modelagem da estrutura de variabilidade espacial dos coeficientes, foram conduzidas as suas interpolações espaciais empregando os métodos de Krigagem Ordinária e Cokrigagem Ordinária, cujo calculo do valor estimado baseia-se nas seguintes equações:

$$\hat{Z}_{x_0}(KO) = \sum_{i=1}^N \lambda_i \cdot z(x_i) \quad (21)$$

$$\hat{Z}_{x_0}(CKO) = \sum_{i_1=1}^{N_1} \lambda_{i_1} \cdot z(x_{i_1}) + \sum_{i_2=1}^{N_2} \lambda_{i_2} \cdot z(x_{i_2}) \quad (22)$$

Em que $Z_{x_0(KO)}$ é o valor estimados da variável primária por Krigagem Ordinária, $Z_{x_0(CKO)}$ é o valor da variável primária estimados por Cokrigagem Ordinária, e λ_{i1} e λ_{i2} são os pesos dado aos valores estimados das variáveis, respectivamente.

Em uma posterior avaliação dos mapas interpolados, concluiu-se que o desempenho da Krigagem Ordinária mostrou-se superior ao da Cokrigagem Ordinária para a área de estudo e variáveis estudadas (RODRIGUES, 2021).

Conforme Isaaks e Srivastava (1989), dentre os diversos métodos de interpolação geoestatísticos, a Krigagem Ordinária é vista como o melhor estimador linear não-tendencioso. A Krigagem Ordinária é um método local de estimativa, portanto, a estimativa de um valor em um local não amostrado é resultado da combinação linear dos valores amostrados na sua vizinhança. Além disso, é o método que tem sido mais utilizado devido a simplicidade e resultados que proporciona (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

Foram gerados os mapas dos coeficientes da equação IDF, com resolução espacial de 5 Km, validados pelo processo de validação cruzada (utilizando o método *leave one out*), que forneceu algumas medidas de avaliação da incerteza da estimativa como o erro absoluto, erro quadrático e erro quadrático percentual da variância da estimativa. Também foram analisados alguns aspectos desejáveis sobre as estimativas geoestatísticas como variância mínima, erro médio absoluto próximo a 0, pequena dispersão do erro em torno da média, dentre outros importantes para distinguir resultados e avaliar quali-quantitativamente a produção dos mapas dos coeficientes.

A etapa geoestatística deste estudo, que contemplou desde a modelagem da estrutura de variabilidade espacial das variáveis até interpolação geoestatística dos coeficientes da equação IDF, foi conduzida no software SGeMS – *Stanford Geostatistical Modeling Software* (REMY, BOUCHER e WU, 2011). Posteriormente, os resultados foram exportados para o software ArcGIS 10.8 (ESRI, 2020), no qual foram realizados os ajustes finais nos mapas.

É importante destacar que, no decorrer do estudo que resultou na IDFGeo, foi constatado que os coeficientes c e d do modelo matemático escolhido (equação 17) são constantes para todo o estado (RODRIGUES et al., 2023b). Desta forma, não foi necessário realizar a interpolação espacial destes coeficientes e, portanto, seus valores pontuais devem ser utilizados para os locais não-monitorados também.

2. ACESSO E INTERFACE DA FERRAMENTA

Tendo em vista que a IDFGeo foi desenvolvida como uma ferramenta *web*, não é necessário realizar a sua instalação, o que facilita o seu uso nos diversos tipos de dispositivos (celular, tablet, notebook, etc) apenas acessando o seu endereço eletrônico:

GPHidro/IDFGeo

Na Figura 1 é apresentada a interface inicial da ferramenta, cuja guia é denominada “Início”, além da guia “AJUDA”, na qual é possível acessar o manual da ferramenta em “COMO USAR”, a sua política de privacidade e os seus termos de uso.

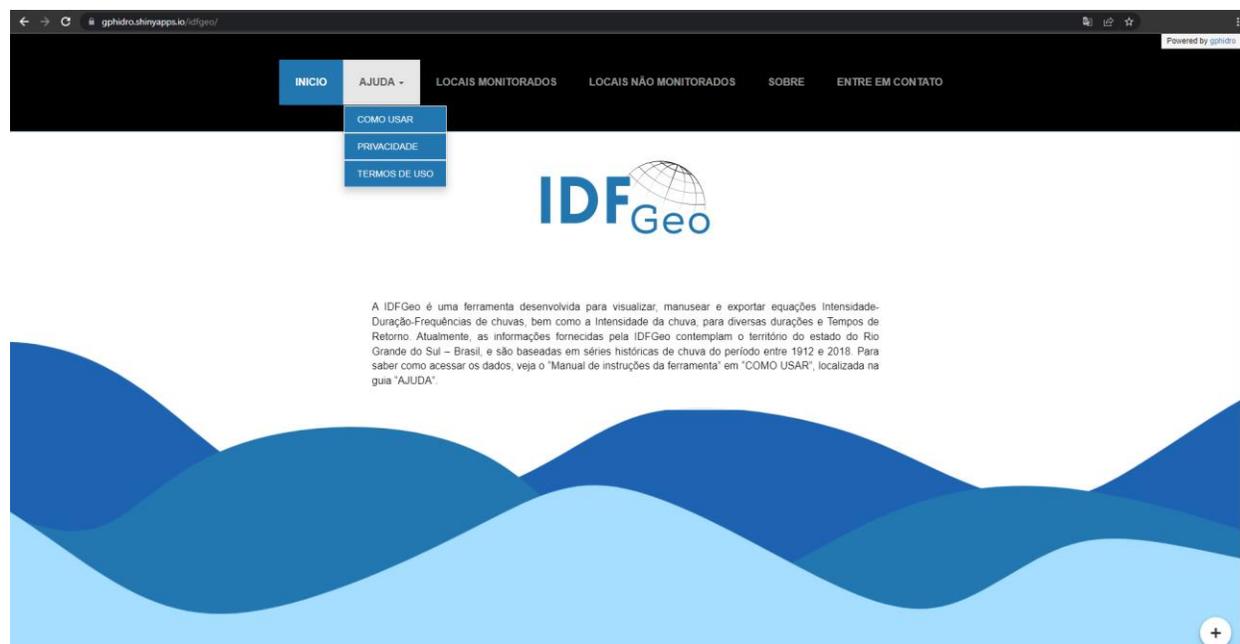
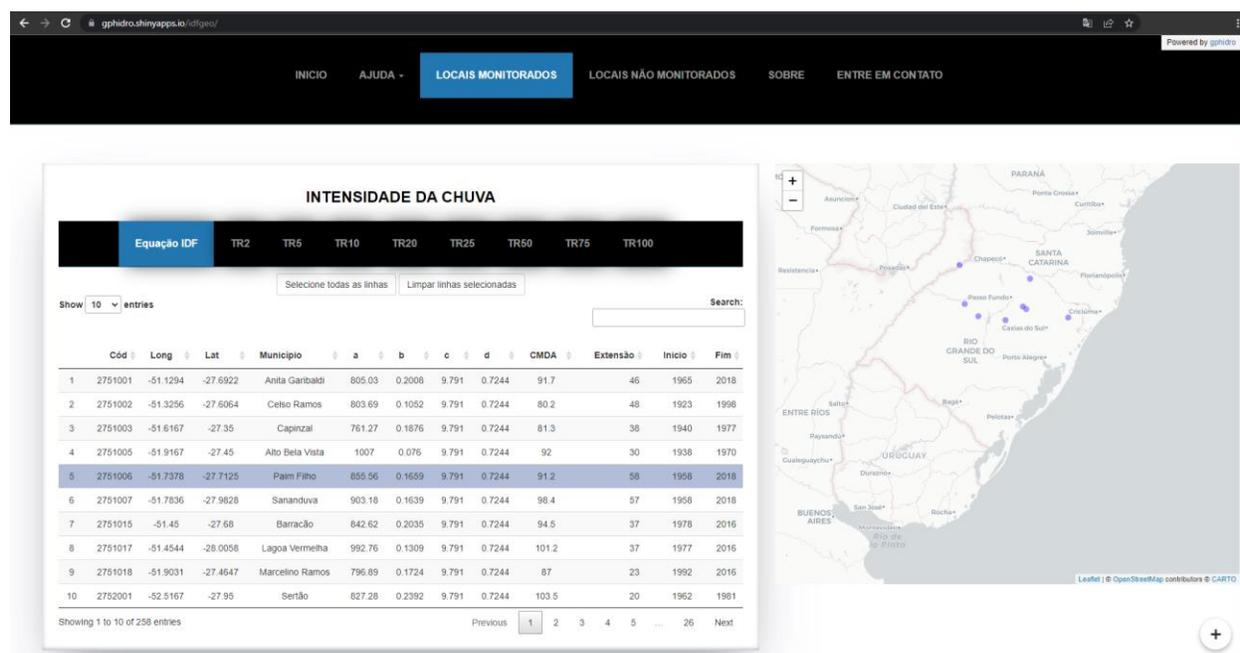


Figura 1 – Interface inicial da IDFGeo.

3. AQUISIÇÃO DAS INFORMAÇÕES PARA OS LOCAIS MONITORADOS

Na Figura 2 é demonstrada a guia “Locais monitorados”, na qual foram disponibilizadas as equações IDF ajustadas com base nas séries históricas. O usuário pode visualizar, na tabela, as equações IDF e outras informações referentes à série histórica daquele local que deu origem à equação.

As informações disponíveis na tabela (Figura 2), além dos coeficientes da equação IDF, são: o código do posto pluviométrico (padrão HidroWeb-ANA), as suas coordenadas geográficas, o município em que o posto pluviométrico está posicionado, a CMDA média da série que deu origem aos coeficientes da equação IDF, a extensão da série, bem como as datas de início e fim do período observado na série.



The screenshot displays the 'Locais monitorados' (Monitored Locations) interface. At the top, there is a navigation bar with options: INICIO, AJUDA, LOCAIS MONITORADOS (highlighted), LOCAIS NÃO MONITORADOS, SOBRE, and ENTRE EM CONTATO. Below the navigation bar, the main content area is titled 'INTENSIDADE DA CHUVA' (Rain Intensity). Under this title, there are tabs for 'Equação IDF' (selected), TR2, TR5, TR10, TR20, TR25, TR50, TR75, and TR100. A search bar is present with the text 'Selecione todas as linhas' and 'Limpar linhas selecionadas'. Below the search bar, there is a table with 10 rows of data. The table columns are: Cód, Long, Lat, Municipio, a, b, c, d, CMDA, Extensão, Início, and Fim. The 5th row is highlighted in blue. To the right of the table is a map showing the geographical locations of the monitored points in the region of Rio Grande do Sul, Brazil, with various municipalities marked.

Cód	Long	Lat	Município	a	b	c	d	CMDA	Extensão	Início	Fim	
1	2751001	-51.1294	-27.6922	Anita Garibaldi	805.03	0.2008	9.791	0.7244	91.7	46	1965	2018
2	2751002	-51.3256	-27.6064	Celso Ramos	803.69	0.1052	9.791	0.7244	80.2	48	1923	1998
3	2751003	-51.6167	-27.35	Capinzal	761.27	0.1876	9.791	0.7244	81.3	38	1940	1977
4	2751005	-51.9167	-27.45	Alto Bela Vista	1007	0.076	9.791	0.7244	92	30	1938	1970
5	2751006	-51.7378	-27.7125	Paim Filho	855.56	0.1659	9.791	0.7244	91.2	58	1958	2018
6	2751007	-51.7836	-27.9828	Sananduva	903.18	0.1639	9.791	0.7244	98.4	57	1958	2018
7	2751015	-51.45	-27.68	Barracão	842.62	0.2035	9.791	0.7244	94.5	37	1978	2016
8	2751017	-51.4544	-28.0058	Lagoa Vermelha	992.76	0.1309	9.791	0.7244	101.2	37	1977	2016
9	2751018	-51.9031	-27.4647	Marcelino Ramos	796.89	0.1724	9.791	0.7244	87	23	1992	2016
10	2752001	-52.5167	-27.95	Sertão	827.28	0.2392	9.791	0.7244	103.5	20	1962	1981

Figura 2 – Interface da guia “Locais monitorados”: Equações IDF.

Para buscar uma equação, é possível pesquisa-la pelo código do posto pluviométrico ou nome do município. Além disso, é possível visualizar no mapa a

localização da equação ao selecionar a linha da mesma na tabela. Além das equações IDF ajustadas para os locais monitorados, ainda estão disponibilizadas na mesma tabela os valores de intensidade da chuva (mm.h^{-1}) para durações de 5 minutos a 24h e alguns Tempos de Retorno (TR) pré-definidos (2, 5, 10, 20, 25, 50, 75 e 100 anos), conforme ilustrado na Figura 3.

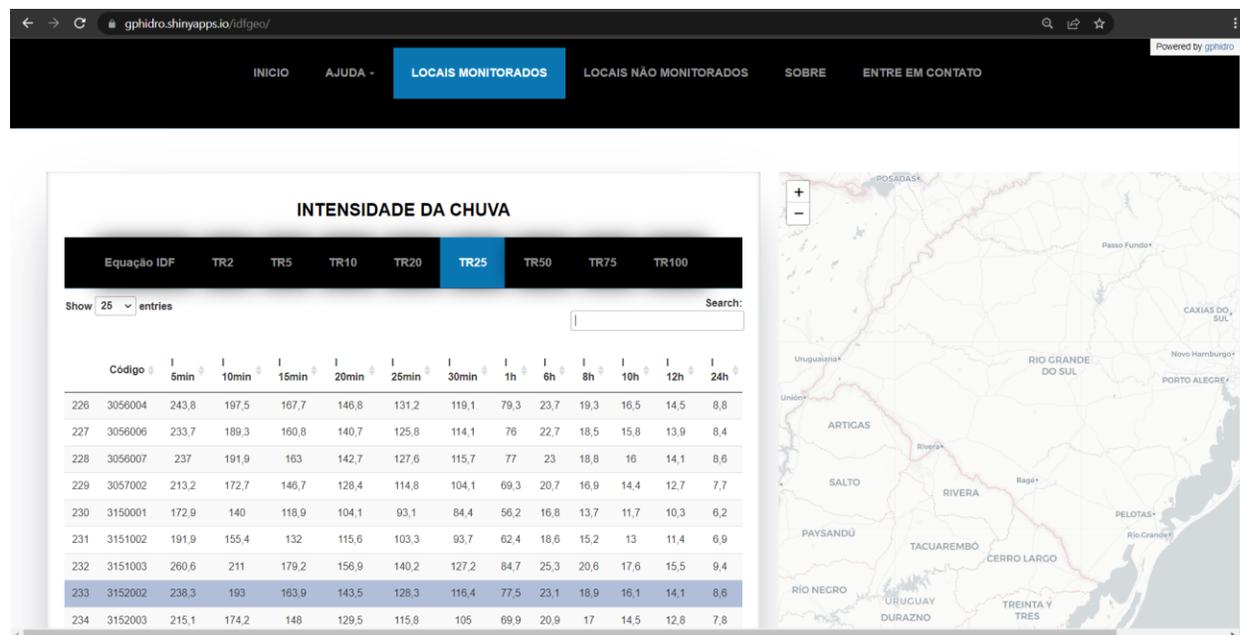


Figura 3 – Interface da guia “Locais monitorados”: intensidade da chuva

Abaixo da tabela (Figura 3) existe um espaço para realizar o download das equações IDF e das demais informações associadas à cada equação, conforme o exemplo ilustrado na Figura 4. Para isso, basta inserir o código de até 10 postos pluviométricos e escolher o tipo de arquivo que será exportado.

Além disso, caso a necessidade do usuário seja apenas a obtenção do valor da chuva de projeto para um local, o mesmo pode utilizar a calculadora (Figura 4) posicionada abaixo da tabela de exportação. Na calculadora, basta o usuário inserir o código do posto pluviométrico do local desejado, o Tempo de Retorno (anos) e a Duração (minutos) da chuva de projeto. Ao clicar em “Calcular”, o usuário visualizará os

coeficientes da equação IDF do posto selecionado, bem como o valor da chuva de projeto, em mm.h^{-1} .

The screenshot displays the 'SELECIONE PARA EXPORTAR' (SELECT TO EXPORT) section of the IDFGeo application. It features a list of station codes on the left and a data table on the right. Below the table is a 'CALCULADORA - CHUVA DE PROJETO' (PROJECT RAINFALL CALCULATOR) section with input fields for station code, return period (TR), and duration, followed by a calculation result.

SELECIONE PARA EXPORTAR

Código das estações(máx 10)
 2751006 3152016 2850009 3051013
 3055007 3253003

Selecione o tipo do arquivo
 .csv .txt .xlsx
 Download

Cód	Long	Lat	Município	a	b	c	d	CMDA	Extensão	Início	Fim
2751006	-51.7378	-27.7125	Paím Filho	855.56	0.1659	9.791	0.7244	91.2	58	1958	2018
2850009	-50.4561	-28.8675	Jaquirana	739.41	0.1584	9.791	0.7244	79.8	70	1945	2016
3051013	-51.4	-30.6667	Tapes	734.61	0.1855	9.791	0.7244	82.9	30	1939	1970
3055007	-55.9756	-30.2939	Quarai	990.5	0.1446	9.791	0.7244	104.3	24	1987	2014
3152016	-52.4631	-31.5739	Pelotas	804.41	0.2734	9.791	0.7244	103.2	47	1965	2016
3253003	-53.1189	-32.9539	Santa Vitória do Palmar	928.83	0.2328	9.791	0.7244	100.1	43	1966	2017

CALCULADORA - CHUVA DE PROJETO

Selecione o código da estação:
 3152016

TR(anos)
 25

Duração(minutos)
 30

Calcular

$$I = \frac{804,41 \cdot 25^{0,2734}}{(9,791 + 30)^{0,7244}} = 134,521 \text{ mm/h}$$

Figura 4 – Área de exportação e calculadora da chuva de projeto da guia “Locais monitorados”.

4. AQUISIÇÃO DAS INFORMAÇÕES PARA OS LOCAIS NÃO-MONITORADOS

Na Figura 5 é demonstrada a guia “Locais não-monitorados”, na qual foram disponibilizadas as equações IDF obtidas pelo método geoestatístico de interpolação espacial “Krigagem Ordinária”.

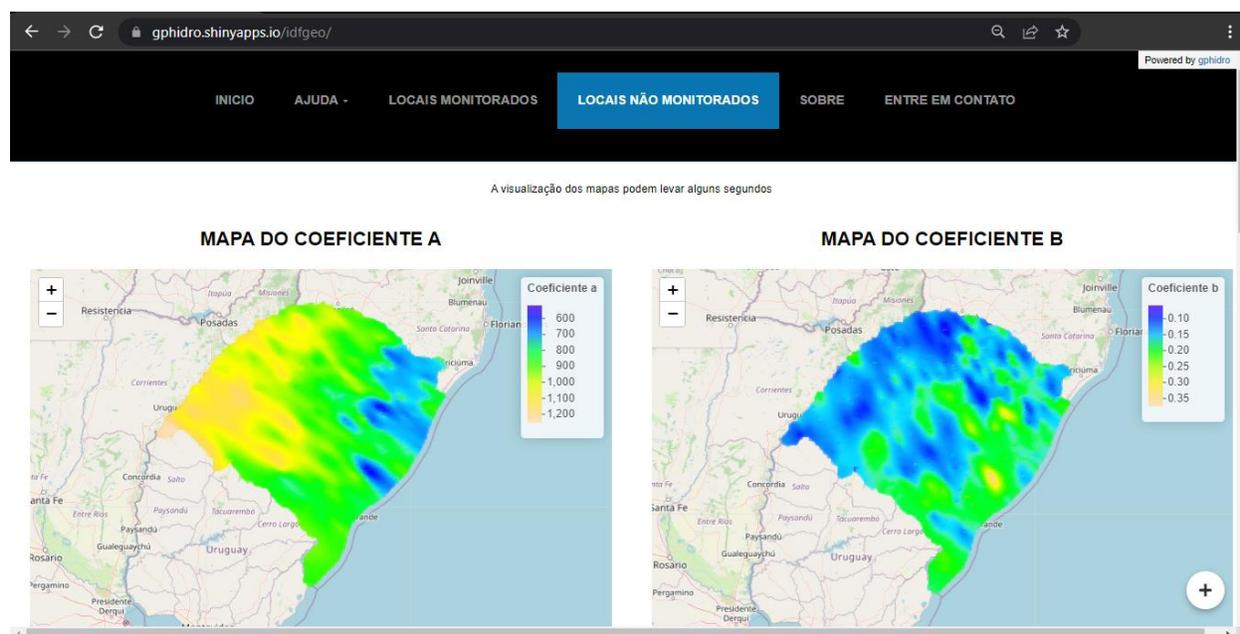


Figura 5 – Interface da guia “Locais não-monitorados”.

Abaixo da Figura 5, além dos valores dos coeficientes c e d da equação IDF, existe um espaço para realizar o download das equações para todo o estado, sendo que a informação é disponibilizada a cada 5 Km.

Para isso, o usuário possui duas opções:

- É possível obter os coeficientes a e b apenas posicionando o ponteiro do mouse em cima do pixel que está no local em que o usuário deseja, e anotar o valor;

- É possível obter os coeficientes a e b , bem como outras informações sobre as equações IDF na tabela que está posicionada abaixo dos mapas (Figura 5).

Na Figura 6 é demonstrada a tabela na qual estão disponibilizadas 11270 equações IDF (uma a cada 5 Km). Para escolher uma equação IDF, o usuário pode buscar pelo código ID do pixel ou pelo nome do município.

Assim como na guia anterior, na guia “Locais não-monitorados” existe uma calculadora da chuva de projeto (Figura 6), na qual o usuário insere o código ID do pixel e os coeficientes da equação IDF são adicionados à calculadora. Adicionalmente, o usuário insere o TR e a duração desejada para o cálculo da chuva de projeto e a intensidade da chuva é calculada.

⚠ COEFICIENTES C = 9.791 E D = 0.7244 ⚠

Show 10 entries Search: Pelotas

id	a	b	X	Y	Cidade
10121	853.411	0.1916	-52.2606	-31.5328	Pelotas
10120	851.573	0.1963	-52.3156	-31.535	Pelotas
10119	847.155	0.1946	-52.3707	-31.5372	Pelotas
10118	843.697	0.1968	-52.4257	-31.5393	Pelotas
10117	841.844	0.1954	-52.4808	-31.5415	Pelotas
10116	854.815	0.1884	-52.5358	-31.5436	Pelotas
10184	862.066	0.1852	-52.0376	-31.5669	Pelotas
10183	848.912	0.1849	-52.0926	-31.5692	Pelotas
10182	846.972	0.1888	-52.1477	-31.5714	Pelotas
10181	843.073	0.1904	-52.2027	-31.5736	Pelotas

Showing 21 to 30 of 67 entries (filtered from 11,270 total entries)

Previous 1 2 3 4 5 6 7 Next

CALCULADORA - CHUVA DE PROJETO

Selecione o id da estação:

10122

TR(anos)

25

Duração(minutos)

30

Calcular

$$I = \frac{854,997 * 25^{0,1886}}{(9,791 + 30)^{0,7244}} = 108,8258 \text{ mm/h}$$

Figura 6 – Área de exportação e calculadora da chuva de projeto da guia “Locais não-monitorados”.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A FERRAMENTA

Este documento, que consiste no manual técnico e do usuário da IDFGeo, objetivou apresentar a ferramenta e dar suporte ao usuário na obtenção de equações Intensidade-Duração-Frequência de chuvas e da chuva de projeto no estado do Rio Grande do Sul.

A ferramenta é de fácil acesso e seu uso simplifica a obtenção de equações IDF para qualquer local do RS – tarefa que usualmente demanda tempo para a realização de procedimentos que iniciam com a disponibilidade e aquisição de séries históricas de chuva (caso exista monitoramento pluviométrico no local de interesse).

Além das equações IDF ajustadas para 258 locais monitorados, na ferramenta também foram disponibilizadas as equações IDF obtidas para os locais sem monitoramento pluviométrico, totalizando 11270 equações (uma a cada 5 Km), abrangendo todo o estado.

Os desenvolvedores recomendam o uso da [IDFGeo](#), e que a ferramenta seja acessada regularmente para verificar atualizações na sua documentação e na disponibilidade de novas funcionalidades como, por exemplo, a obtenção de equações IDF para os demais estados brasileiros, bem como de equações IDF sob influência de condições climáticas futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGILAN, V.; UMAMAHESH, N.V. 2017. Non-stationary rainfall intensity-duration-frequency relationship: a comparison between annual maximum and partial duration series. **Water resources management**, v. 31, n. 6, p. 1825-1841.

ALEMAW, B.F. 2016. Regionalization of Rainfall Intensity-Duration-Frequency (IDF) curves in Botswana. **Journal of water resource and protection**, v. 8, n. 12, p. 1128.

ALEMU, Melkamu Meseret; BAWOKE, Getnet Taye. Analysis of spatial variability and temporal trends of rainfall in Amhara region, Ethiopia. **Journal of Water and Climate Change**, 2019.

BACK A.J.; HENN, A.; OLIVEIRA J.L.R. 2011. Heavy rainfall equations for Santa Catarina, Brazil. **Revista brasileira de ciência do solo**, v.35, p. 2127-2134.

BACK, A.J; CADORIN, S.B. 2020. Chuvas Máximas Diárias e Equações IDF para o estado do Amapá, Brasil. **Revista brasileira de climatologia**, v. 26. (in Portuguese with abstract in English).

BESKOW, S.; CALDEIRA, T.L.; MELLO, C.R.; FARIA, L.C.; GUEDES, H.A.S. 2015. Multiparameter probability distributions for heavy rainfall modeling in extreme southern Brazil. **Journal of hydrology: regional studies**, v. 4, p. 123-133.

BIRARA, Hailu; PANDEY, R. P.; MISHRA, S. K. Trend and variability analysis of rainfall and temperature in the Tana basin region, Ethiopia. **Journal of Water and Climate Change**, v. 9, n. 3, p. 555-569, 2018.

CALDEIRA, Tamara L. et al. Modelagem probabilística de eventos de precipitação extrema no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 19, n. 3, 2015.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Drenagem urbana: manual de projeto. São Paulo, 1979. 476p. (in Portuguese).

CHOW, V.T. 1962. **Hydrologic determination of waterway areas for the design of drainage structures in small drainage basins**. University of Illinois at Urbana Champaign, College of Engineering. Engineering Experiment Station.

D'AGOSTINO, R. B.; STEPHENS, M. A. 1986. **Goodness-of-fit techniques**. New York: Marcel A.

DAMÉ, R.C.F.; TEIXEIRA, C.F.A.; BACELAR, L.C.S.; WINKLER, A.S.; SANTOS, J.P. Montonic trend and change points in southern Brazil precipitation. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 2, p.258-268, 2013.

ELY, Deise; DUBREUIL, Vincent. Análise das tendências espaço-temporais das precipitações anuais para o estado do Paraná–Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, 2017.

FRANCO, Camila S. et al. Distribuição de probabilidades para precipitação máxima diária na Bacia Hidrográfica do Rio Verde, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 735-741, 2014

IRANNEZHAD M, MARTTILA H, CHEN D, KLOVE B (2016) Century-long variability and trends in daily precipitation characteristics at three Finnish stations. **Adv Clim Chang Res** 7:54–69.

ISAAKS, Edward H.; SRIVASTAVA, Mohan R. **Applied geostatistics**. 1989.

JAKOB, D. 2013. Nonstationarity in extremes and engineering design. In: **Extremes in a changing climate**. Springer, Dordrecht, p. 363-417.

KENDALL, M.G. (1975) – **Rank Correlation Methods**, 4th ed., Charles Griffin: London.

MANN, Henry B.; WHITNEY, Donald R. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **The annals of mathematical statistics**, p. 50-60, 1947.

NAGHETTINI, M. 2017. **Fundamentals of statistical hydrology**. Switzerland: Springer International Publishing.

OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho de (Org.). Chuvas extremas no Brasil: modelos e aplicações. **Lavras, MG: Ed. UFLA**, 2019.

PELEG, N. 2018. Spatial variability of extreme rainfall at radar subpixel scale. **Journal of hydrology**, v. 556, p. 922-933.

Zamani, R., Mirabbasi, R., Abdollahi, S., Jhajharia, D., 2016. Streamflow trend analysis by considering autocorrelation structure, long-term persistence, and Hurst coefficient in a semi-arid region of Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 129(1-2), 33- 45. doi: 10.1007/s00704-016-17

PETTITT, A. N. A non-parametric approach to the change-point problem. **Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)**, v. 28, n. 2, p. 126-135, 1979.

REMY, Nicolas; BOUCHER, Alexandre; WU, Jianbing. **Applied geostatistics with SGeMS: A user's guide**. Cambridge University Press, 2009.

RODRIGUES, Aryane Araujo. **Variabilidade espacial dos coeficientes da equação Intensidade-Duração-Frequência (IDF) de chuvas no estado do Rio Grande do Sul empregando métodos de interpolação geoestatística**. 2021. Dissertação de Mestrado (PPG Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS.

RODRIGUES, Aryane Araujo et al. Tendência e variabilidade da chuva no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, p. 177-207, 2023a.

RODRIGUES, Aryane Araujo et al. Intensity-Duration-Frequency equations for Rio Grande do Sul - Brazil, based on stationary rainfall series. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 18, 2023b. doi:10.4136/ambiente.2878

RIOS, ÉRICA DOS SANTOS. **O EFEITO DE BORDA NA GEOESTATÍSTICA**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa.

Sen PK 1968 Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau J. **Am. Stat. Assoc.** 63 1379–89SEPLAG - Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento Regional. 2020. **Atlas Socioeconômico do Estado do Rio Grande do Sul**. 2019. Porto Alegre. Accessed: 2 of feb. of 2020

TEODORO, PAULO EDUARDO et al. Influência de diferentes coeficientes de desagregação na determinação de equações IDF para Aquidauana/MS. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 9, n. 2, 2014.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. p. 943.

VARGAS, M. M.; BESKOW, S.; CALDEIRA, T. L.; CORREA, L. L.; CUNHA, Z. A. SYHDA. (2019). System of Hydrological Data Acquisition and Analysis. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 24 (11).

YAMAMOTO, Jorge Kazuo; LANDIM, Paulo M. Barbosa. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. Oficina de textos, 2015.

APÊNDICE A – Equações IDF para os locais monitorados

Código do posto pluviométrico	Longitude (X)	Latitude (Y)	Município	Coefficiente a	Coefficiente b	Coefficiente c	Coefficiente d
2751001	-51.1294	-27.6922	Anita Garibaldi	805.03	0.2008	9.791	0.7244
2751002	-51.3256	-27.6064	Celso Ramos	803.69	0.1052	9.791	0.7244
2751003	-51.6167	-27.3500	Capinzal	761.27	0.1876	9.791	0.7244
2751005	-51.9167	-27.4500	Alto Bela Vista	1007.00	0.0760	9.791	0.7244
2751006	-51.7378	-27.7125	Paim Filho	855.56	0.1659	9.791	0.7244
2751007	-51.7836	-27.9828	Sananduva	903.18	0.1639	9.791	0.7244
2751015	-51.4500	-27.6800	Barracão	842.62	0.2035	9.791	0.7244
2751017	-51.4544	-28.0058	Lagoa Vermelha	992.76	0.1309	9.791	0.7244
2751018	-51.9031	-27.4647	Marcelino Ramos	796.89	0.1724	9.791	0.7244
2752001	-52.5167	-27.9500	Sertão	827.28	0.2392	9.791	0.7244
2752005	-51.9933	-27.3144	Concórdia	1007.82	0.1008	9.791	0.7244
2752006	-52.3047	-27.2542	Itá	912.88	0.2097	9.791	0.7244
2752008	-52.8000	-27.6833	Ronda Alta	1008.87	0.1247	9.791	0.7244
2752009	-52.4669	-27.5831	Barão de Cotegipe	1034.00	0.0603	9.791	0.7244
2752010	-52.7667	-27.3500	Nonoai	1029.49	0.0863	9.791	0.7244
2752011	-52.4333	-27.8167	Quatro Irmãos	876.87	0.2374	9.791	0.7244
2752012	-52.8000	-27.7833	Ronda Alta	898.12	0.1598	9.791	0.7244
2752013	-52.9200	-27.9300	Sarandi	910.60	0.0982	9.791	0.7244
2752017	-52.4500	-27.3900	Itatiba do Sul	872.75	0.2199	9.791	0.7244
2753002	-53.3975	-27.3608	Frederico Westphalen	852.58	0.1488	9.791	0.7244
2753003	-53.2533	-27.1889	Iraí	929.97	0.1331	9.791	0.7244
2753004	-53.0278	-27.8117	Sarandi	983.52	0.1264	9.791	0.7244
2753005	-53.4333	-27.8833	Palmeira das Missões	1069.00	0.0877	9.791	0.7244
2753006	-53.1569	-27.0644	Palmitos	932.88	0.1369	9.791	0.7244
2753007	-53.7764	-27.8517	Santo Augusto	1032.03	0.1181	9.791	0.7244
2753008	-53.7500	-27.3667	Tenente Portela	945.94	0.0678	9.791	0.7244
2753009	-53.9250	-27.4514	Três Passos	982.68	0.1208	9.791	0.7244
2753013	-53.5256	-27.0014	Iporã do Oeste	971.59	0.1657	9.791	0.7244
2753014	-53.0714	-27.5992	Liberato Salzano	1022.00	0.0735	9.791	0.7244
2753015	-53.3108	-27.9133	Palmeira das Missões	963.35	0.1095	9.791	0.7244
2753016	-53.6925	-27.5008	Miraguaí	1199.53	0.1109	9.791	0.7244
2754001	-54.1394	-27.3019	Tiradentes do Sul	843.16	0.1763	9.791	0.7244
2754003	-54.3000	-27.6333	Horizontina	972.71	0.1366	9.791	0.7244
2754004	-54.3889	-27.7714	Santa Rosa	1003.80	0.1392	9.791	0.7244
2754006	-54.6667	-27.8167	Santo Cristo	1035.70	0.1465	9.791	0.7244
2754007	-54.2408	-27.7817	Três de Maio	997.83	0.1069	9.791	0.7244
2754008	-54.4667	-27.7500	Tuparendi	1153.28	0.0831	9.791	0.7244
2754009	-54.4625	-27.6742	Tucunduva	1043.69	0.1364	9.791	0.7244

Continuação

2754010	-54.1164	-27.9681	Independência	1128.05	0.1109	9.791	0.7244
2755001	-55.0236	-27.8544	Porto Lucena	1103.01	0.1123	9.791	0.7244
2849023	-49.8078	-28.3692	Bom Jardim da Serra	838.76	0.1284	9.791	0.7244
2850001	-50.4400	-28.6700	Bom Jesus	760.88	0.2064	9.791	0.7244
2850002	-50.0689	-28.7144	São José dos Ausentes	754.43	0.1469	9.791	0.7244
2850003	-50.9000	-28.2333	Vacaria	716.48	0.0852	9.791	0.7244
2850006	-50.2964	-28.4494	Bom Jesus	700.56	0.2143	9.791	0.7244
2850007	-50.1667	-28.9333	Cambará do Sul	650.18	0.0929	9.791	0.7244
2850009	-50.4561	-28.8675	Jaquirana	739.41	0.1584	9.791	0.7244
2850010	-50.2872	-28.6400	Bom Jesus	739.11	0.1225	9.791	0.7244
2850011	-50.9500	-28.5167	Vacaria	658.94	0.1676	9.791	0.7244
2850013	-50.9997	-28.7667	Campestre da Serra	693.14	0.1790	9.791	0.7244
2851001	-51.7833	-28.8000	Vista Alegre do Prata	843.28	0.0949	9.791	0.7244
2851003	-51.2844	-28.8533	Antônio Prado	712.02	0.2865	9.791	0.7244
2851004	-51.7667	-28.6667	Nova Araçá	781.14	0.1205	9.791	0.7244
2851005	-51.9731	-28.5719	Casca	836.80	0.1752	9.791	0.7244
2851008	-51.3500	-28.5500	Muitos Capões	837.00	0.1739	9.791	0.7244
2851009	-51.7000	-28.8833	Fagundes Varela	800.95	0.1621	9.791	0.7244
2851010	-51.1428	-28.6733	Campestre da Serra	849.11	0.1097	9.791	0.7244
2851011	-51.9000	-28.9167	Guaporé	784.35	0.1664	9.791	0.7244
2851014	-51.5125	-28.2219	Lagoa Vermelha	898.04	0.0832	9.791	0.7244
2851018	-51.4000	-28.9833	Nova Roma do Sul	765.06	0.0836	9.791	0.7244
2851020	-51.8619	-28.2556	Ciriaco	913.21	0.1452	9.791	0.7244
2851021	-51.4483	-28.8775	Antônio Prado	667.05	0.2239	9.791	0.7244
2851022	-51.8667	-28.6194	Casca	823.40	0.1561	9.791	0.7244
2851023	-51.2744	-28.2925	Muitos Capões	593.51	0.2210	9.791	0.7244
2851024	-51.6283	-28.7561	Nova Prata	729.60	0.2343	9.791	0.7244
2851026	-51.3667	-28.7667	Ipê	809.08	0.1216	9.791	0.7244
2851027	-51.9333	-28.7000	Serafina Corrêa	907.73	0.1793	9.791	0.7244
2851028	-51.8489	-28.3911	David Canabarro	845.33	0.2025	9.791	0.7244
2851032	-51.3500	-28.6167	Ipê	715.60	0.1807	9.791	0.7244
2851037	-51.7000	-28.9997	Cotiporã	776.03	0.1476	9.791	0.7244
2851043	-51.1881	-28.0113	Esmeralda	930.16	0.1307	9.791	0.7244
2852001	-52.0500	-28.3167	Gentil	824.13	0.1307	9.791	0.7244
2852002	-52.5833	-28.9333	Soledade	824.55	0.2107	9.791	0.7244
2852003	-52.1833	-28.8667	Arvorezinha	856.35	0.1652	9.791	0.7244
2852005	-52.2147	-28.3511	Mato Castelhano	809.11	0.1658	9.791	0.7244
2852006	-52.7242	-28.2933	Carazinho	921.67	0.1872	9.791	0.7244
2852007	-52.7458	-28.1892	Coqueiros do Sul	910.30	0.1751	9.791	0.7244
2852008	-51.9833	-28.5333	Casca	915.99	0.1867	9.791	0.7244
2852009	-52.8000	-28.9331	Espumoso	840.99	0.1801	9.791	0.7244
2852014	-52.1275	-28.9283	Ilópolis	964.64	0.1280	9.791	0.7244

Continuação

2852015	-52.8500	-28.5667	Lagoa dos Três Cantos	878.98	0.1442	9.791	0.7244
2852016	-52.1975	-28.4531	Marau	975.14	0.1085	9.791	0.7244
2852017	-52.1667	-28.7833	Itapuca	829.20	0.1662	9.791	0.7244
2852019	-52.9794	-28.7492	Selbach	950.55	0.1251	9.791	0.7244
2852022	-52.6667	-28.0667	Pontão	918.49	0.0781	9.791	0.7244
2852024	-52.5550	-28.2931	Passo Fundo	892.50	0.1897	9.791	0.7244
2852028	-52.2583	-28.3825	Marau	816.95	0.1252	9.791	0.7244
2852029	-52.9167	-28.6333	Tapera	948.25	0.1337	9.791	0.7244
2852030	-52.5536	-28.5628	Ibirapuitã	873.84	0.1614	9.791	0.7244
2852031	-52.3667	-28.4667	Marau	893.90	0.1299	9.791	0.7244
2852045	-52.4333	-28.8333	Soledade	1056.88	0.0606	9.791	0.7244
2852046	-51.9961	-28.0575	Tapejara	939.25	0.1542	9.791	0.7244
2852050	-52.8158	-28.4553	Não-Me-Toque	1076.94	0.1539	9.791	0.7244
2853003	-53.9717	-28.4561	Ijuí	1009.49	0.1977	9.791	0.7244
2853005	-53.5994	-28.6364	Cruz Alta	879.76	0.1516	9.791	0.7244
2853010	-53.7794	-28.2894	Bozano	987.96	0.1359	9.791	0.7244
2853011	-53.1647	-28.5453	Ibirubá	771.93	0.1674	9.791	0.7244
2853012	-53.0833	-28.3833	Saldanha Marinho	809.28	0.0935	9.791	0.7244
2853014	-53.1853	-28.7289	Quinze de Novembro	946.05	0.1488	9.791	0.7244
2853015	-53.5019	-28.8264	Boa Vista do Inca	917.04	0.1512	9.791	0.7244
2853023	-53.4703	-28.2256	Condor	1086.46	0.1461	9.791	0.7244
2853026	-53.0700	-28.0600	Chapada	1055.00	0.0938	9.791	0.7244
2853028	-53.6147	-28.6667	Cruz Alta	1075.22	0.1115	9.791	0.7244
2854001	-53.9900	-28.1100	Catuípe	1037.46	0.1489	9.791	0.7244
2854003	-54.3614	-28.0542	Girua	914.50	0.1617	9.791	0.7244
2854005	-54.6478	-28.7336	São Miguel das Missões	1002.62	0.1254	9.791	0.7244
2854006	-54.6031	-28.2111	Guarani das Missões	1117.00	0.0996	9.791	0.7244
2854007	-54.2667	-28.3000	Santo Ângelo	912.83	0.1566	9.791	0.7244
2854011	-54.9667	-28.4000	São Luiz Gonzaga	971.07	0.1750	9.791	0.7244
2854012	-54.4525	-28.7878	São Miguel das Missões	955.90	0.1999	9.791	0.7244
2854013	-54.0700	-28.9100	Tupanciretã	1177.32	0.1013	9.791	0.7244
2855001	-55.6369	-28.1878	Garruchos	954.38	0.2581	9.791	0.7244
2855002	-55.3233	-28.2089	Santo Antônio das Missões	1079.68	0.1367	9.791	0.7244
2855004	-55.5811	-28.6781	Santo Antônio das Missões	1054.92	0.1352	9.791	0.7244
2855005	-55.6742	-28.7397	São Borja	964.21	0.1339	9.791	0.7244
2856002	-56.0333	-28.6167	São Borja	1188.00	0.0904	9.791	0.7244
2856003	-56.0000	-28.6500	São Borja	896.65	0.1197	9.791	0.7244
2856007	-56.0850	-28.8975	Maçambará	1115.02	0.1480	9.791	0.7244
2949002	-49.7281	-29.3447	Torres	824.08	0.2201	9.791	0.7244
2949011	-49.9000	-29.4167	Três Cachoeiras	819.62	0.2332	9.791	0.7244
2950007	-50.1500	-29.0500	Cambará do Sul	812.75	0.1112	9.791	0.7244

Continuação

2950008	-50.1875	-29.1000	Cambará do Sul	814.65	0.1426	9.791	0.7244
2950009	-50.8000	-29.3667	Canela	758.29	0.1350	9.791	0.7244
2950014	-50.7889	-29.8828	Glorinha	626.00	0.2064	9.791	0.7244
2950016	-50.7900	-29.8800	Glorinha	888.36	0.0953	9.791	0.7244
2950017	-50.4333	-29.9000	Santo Antônio da Patrolha	699.81	0.2111	9.791	0.7244
2950018	-50.1200	-29.6500	Maquiné	905.91	0.1585	9.791	0.7244
2950024	-50.8500	-29.3667	Gramado	836.66	0.0711	9.791	0.7244
2950025	-50.9000	-29.4167	Gramado	826.53	0.1030	9.791	0.7244
2950026	-50.9000	-29.4167	Gramado	763.02	0.1886	9.791	0.7244
2950028	-50.5728	-29.6508	Rolante	696.26	0.1716	9.791	0.7244
2950029	-50.7833	-29.4833	Três Coroas	795.32	0.0848	9.791	0.7244
2950030	-50.3667	-29.4667	São Francisco de Paula	743.09	0.1075	9.791	0.7244
2950031	-50.5214	-29.8178	Santo Antônio da Patrolha	791.15	0.1354	9.791	0.7244
2950032	-50.5167	-29.3333	São Francisco de Paula	735.03	0.2102	9.791	0.7244
2950033	-50.9739	-29.0719	Caxias do Sul	716.69	0.1962	9.791	0.7244
2950034	-50.1803	-29.3758	Itati	714.61	0.2229	9.791	0.7244
2950037	-50.4167	-29.3167	São Francisco de Paula	755.36	0.1497	9.791	0.7244
2950038	-50.0336	-29.5911	Terra de Areia	902.66	0.1568	9.791	0.7244
2950041	-50.7425	-29.8167	Glorinha	633.58	0.1047	9.791	0.7244
2950056	-50.0692	-29.2481	Mampituba	828.00	0.1339	9.791	0.7244
2951003	-51.5167	-29.1500	Bento Gonçalves	847.57	0.1320	9.791	0.7244
2951008	-51.1864	-29.1964	Caxias do Sul	694.69	0.1751	9.791	0.7244
2951014	-51.1667	-29.0167	Flores da Cunha	745.94	0.1821	9.791	0.7244
2951015	-51.8489	-29.3908	Colinas	780.64	0.1501	9.791	0.7244
2951018	-50.9667	-29.4667	Santa Maria do Herval	706.68	0.2368	9.791	0.7244
2951021	-51.4281	-29.6686	Montenegro	417.36	0.3547	9.791	0.7244
2951022	-51.1903	-29.3350	Caxias do Sul	799.45	0.1693	9.791	0.7244
2951024	-51.3869	-29.8117	Montenegro	866.51	0.1664	9.791	0.7244
2951025	-51.6908	-29.9544	São Jerônimo	618.30	0.3039	9.791	0.7244
2951027	-51.3711	-29.3664	São Vendelino	934.90	0.1733	9.791	0.7244
2951030	-51.8200	-29.8000	Taquari	648.77	0.1780	9.791	0.7244
2951032	-51.1842	-29.6539	Estância Velha	665.05	0.2525	9.791	0.7244
2951042	-52.0000	-29.2500	Capitão	1017.00	0.0871	9.791	0.7244
2951043	-51.9000	-29.9333	General Câmara	984.36	0.1748	9.791	0.7244
2951050	-51.6119	-30.0592	Eldorado do Sul	672.73	0.1667	9.791	0.7244
2951070	-52.5844	-29.0051	Barros Cassal	919.82	0.1453	9.791	0.7244
2952001	-52.5833	-29.0833	Barros Cassal	892.68	0.1838	9.791	0.7244
2952002	-52.5833	-29.0833	Barros Cassal	833.78	0.1770	9.791	0.7244
2952003	-52.8900	-29.7128	Candelária	906.76	0.1439	9.791	0.7244
2952006	-52.0928	-29.3119	Travesseiro	841.68	0.0699	9.791	0.7244
2952010	-52.3667	-29.9833	Rio Pardo	645.42	0.3000	9.791	0.7244

Continuação

2952029	-52.7903	-29.6694	Candelária	856.93	0.1618	9.791	0.7244
2953002	-53.2100	-29.0733	Salto do Jacuí	908.44	0.1418	9.791	0.7244
2953006	-53.2100	-29.0733	Salto do Jacuí	823.62	0.2969	9.791	0.7244
2953007	-52.9522	-29.1942	Arroio do Tigre	754.13	0.2640	9.791	0.7244
2953008	-53.3519	-29.6244	Dona Francisca	970.08	0.1516	9.791	0.7244
2953015	-53.1833	-29.7333	Paraíso do Sul	753.04	0.1483	9.791	0.7244
2953016	-53.1833	-29.7333	Paraíso do Sul	900.01	0.1176	9.791	0.7244
2953017	-53.7200	-29.7242	Santa Maria	911.54	0.1967	9.791	0.7244
2953030	-53.8192	-29.0856	Tupanciretã	829.25	0.2007	9.791	0.7244
2953037	-53.0150	-30.0089	Cachoeira do Sul	961.60	0.1138	9.791	0.7244
2954001	-54.8253	-29.8786	Cacequi	1010.34	0.1426	9.791	0.7244
2954004	-54.7356	-29.3661	Santiago	1095.04	0.1432	9.791	0.7244
2954005	-54.5019	-29.3589	Jari	996.28	0.1808	9.791	0.7244
2954007	-54.6775	-29.5069	Jaguari	1032.78	0.1821	9.791	0.7244
2954019	-54.8558	-29.1867	Santiago	882.41	0.2061	9.791	0.7244
2954020	-54.8558	-29.1867	Santiago	1001.57	0.1547	9.791	0.7244
2954030	-54.5983	-29.2517	Santiago	953.55	0.1495	9.791	0.7244
2954031	-54.5708	-29.0481	Capão do Cipó	1013.14	0.1080	9.791	0.7244
2954032	-54.4886	-29.9897	São Gabriel	1022.47	0.1650	9.791	0.7244
2955001	-55.7667	-29.7833	Alegrete	1125.00	0.0917	9.791	0.7244
2955002	-55.4753	-29.1961	Maçambará	1142.45	0.1502	9.791	0.7244
2955006	-55.2911	-29.4592	São Francisco de Assis	1216.00	0.0816	9.791	0.7244
2955007	-55.1511	-29.0475	Unistalda	1151.92	0.1113	9.791	0.7244
2955008	-55.4858	-29.5939	Manoel Viana	1147.00	0.0928	9.791	0.7244
2955013	-55.7089	-29.3078	Itaqui	1061.28	0.1536	9.791	0.7244
2956005	-56.5625	-29.1275	Itaqui	1006.80	0.1998	9.791	0.7244
2956006	-56.0553	-29.3089	Itaqui	1123.73	0.1565	9.791	0.7244
2956007	-56.5214	-29.7653	Uruguaiana	1202.66	0.1635	9.791	0.7244
2956008	-56.6678	-29.4711	Uruguaiana	1083.84	0.1569	9.791	0.7244
2956009	-57.0833	-29.7500	Uruguaiana	1021.01	0.2087	9.791	0.7244
2957001	-57.0833	-29.7500	Uruguaiana	1095.94	0.1365	9.791	0.7244
3051003	-51.8000	-30.8500	Camaquã	889.19	0.1030	9.791	0.7244
3051004	-51.7567	-30.5939	Cerro Grande do Sul	902.68	0.1779	9.791	0.7244
3051011	-51.1733	-30.0536	Porto Alegre	712.26	0.1679	9.791	0.7244
3051013	-51.4000	-30.6667	Tapes	734.61	0.1855	9.791	0.7244
3051016	-51.7958	-30.8658	Camaquã	660.32	0.3070	9.791	0.7244
3051023	-51.3144	-30.2950	Barra do Ribeiro	853.97	0.1764	9.791	0.7244
3052003	-52.3167	-30.3333	Pantano Grande	935.50	0.1275	9.791	0.7244
3052005	-52.5167	-30.5361	Encruzilhada do Sul	842.78	0.1719	9.791	0.7244
3052008	-52.8167	-30.9000	Encruzilhada do Sul	803.76	0.1080	9.791	0.7244
3052009	-52.2486	-30.8864	Cristal	808.06	0.1854	9.791	0.7244
3052010	-52.9428	-30.9342	Piratini	833.71	0.1715	9.791	0.7244

Continuação

3052011	-52.0736	-30.4189	São Jerônimo	785.48	0.1750	9.791	0.7244
3052012	-52.8400	-30.6253	Encruzilhada do Sul	991.55	0.1567	9.791	0.7244
3053001	-53.1500	-30.1333	Cachoeira do Sul	858.70	0.1243	9.791	0.7244
3053002	-53.4833	-30.5000	Caçapava do Sul	947.04	0.0771	9.791	0.7244
3053005	-53.5000	-30.0000	Formigueiro	829.94	0.1916	9.791	0.7244
3053007	-53.9014	-30.8175	Lavras do Sul	1049.92	0.1603	9.791	0.7244
3053015	-53.1167	-30.8667	Santana da Boa Vista	896.27	0.1330	9.791	0.7244
3053017	-53.7125	-30.4353	Caçapava do Sul	1044.62	0.1096	9.791	0.7244
3053018	-53.9333	-30.0000	São Gabriel	1160.94	0.1362	9.791	0.7244
3053020	-53.5644	-30.1936	São Sepé	1009.95	0.1837	9.791	0.7244
3053022	-53.9650	-30.9689	Lavras do Sul	1041.36	0.1055	9.791	0.7244
3054002	-54.6758	-30.9781	Dom Pedrito	982.77	0.1444	9.791	0.7244
3054007	-54.9175	-30.2469	Rosário do Sul	1005.98	0.2195	9.791	0.7244
3054010	-54.3167	-30.3333	São Gabriel	844.88	0.1802	9.791	0.7244
3054018	-54.3200	-30.3600	São Gabriel	978.17	0.1445	9.791	0.7244
3055001	-55.5333	-30.8833	Sant'Ana do Livramento	863.43	0.1332	9.791	0.7244
3055003	-55.9744	-30.6956	Sant'Ana do Livramento	1139.04	0.2021	9.791	0.7244
3055004	-55.1267	-30.5164	Sant'Ana do Livramento	1050.91	0.2592	9.791	0.7244
3055005	-55.4919	-30.2042	Rosário do Sul	1111.90	0.1418	9.791	0.7244
3055007	-55.9756	-30.2939	Quaraí	990.50	0.1446	9.791	0.7244
3056003	-56.8214	-30.0189	Uruguaiana	1054.75	0.1021	9.791	0.7244
3056004	-56.1703	-30.0686	Uruguaiana	1042.58	0.1549	9.791	0.7244
3056006	-56.1722	-30.5256	Sant'Ana do Livramento	1134.01	0.1156	9.791	0.7244
3056007	-57.0833	-30.1167	Uruguaiana	1263.00	0.0865	9.791	0.7244
3057002	-50.9167	-31.1000	Mostardas	943.97	0.1441	9.791	0.7244
3150001	-51.4167	-31.6167	São José do Norte	757.17	0.1475	9.791	0.7244
3151002	-51.7886	-31.1303	Camaquã	852.09	0.1432	9.791	0.7244
3151003	-51.9867	-31.3675	São Lourenço do Sul	852.84	0.2379	9.791	0.7244
3152002	-52.0831	-31.2839	São Lourenço do Sul	1009.57	0.1578	9.791	0.7244
3152003	-52.6733	-31.4044	Canguçu	955.10	0.1432	9.791	0.7244
3152005	-52.7700	-31.6700	Cerrito	942.76	0.1283	9.791	0.7244
3152008	-52.1778	-31.6728	Pelotas	826.15	0.1718	9.791	0.7244
3152011	-52.0492	-31.0006	Cristal	754.18	0.2180	9.791	0.7244
3152013	-52.3500	-31.7500	Pelotas	821.24	0.1754	9.791	0.7244
3152014	-52.5167	-30.5361	Encruzilhada do Sul	846.57	0.1539	9.791	0.7244
3152016	-52.4631	-31.5739	Pelotas	804.41	0.2734	9.791	0.7244
3153003	-53.9014	-31.2267	Bagé	918.04	0.1809	9.791	0.7244
3153004	-53.0539	-31.7375	Piratini	834.55	0.2109	9.791	0.7244
3153006	-53.0539	-31.1342	Piratini	1003.63	0.1120	9.791	0.7244
3153007	-53.5881	-31.7333	Pedras Altas	777.93	0.2491	9.791	0.7244
3153009	-53.6667	-31.5500	Candiota	805.46	0.1754	9.791	0.7244

Continuação

3153014	-53.1078	-31.4308	Piratini	870.30	0.1636	9.791	0.7244
3153017	-53.4994	-31.3142	Pinheiro Machado	905.27	0.2637	9.791	0.7244
3153021	-53.1100	-31.4300	Piratini	728.85	0.3097	9.791	0.7244
3154001	-54.1197	-31.3047	Bagé	752.28	0.2381	9.791	0.7244
3154003	-54.1789	-31.0124	Dom Pedrito	1201.70	0.1103	9.791	0.7244
3252002	-52.5400	-32.3506	Rio Grande	782.76	0.1516	9.791	0.7244
3252005	-52.6528	-32.0061	Arroio Grande	849.52	0.1958	9.791	0.7244
3252006	-52.5400	-32.3506	Rio Grande	888.01	0.1227	9.791	0.7244
3252008	-52.5558	-32.4044	Rio Grande	983.17	0.1395	9.791	0.7244
3253001	-53.0897	-32.2372	Arroio Grande	791.64	0.1496	9.791	0.7244
3253003	-53.1189	-32.9539	Santa Vitória do Palmar	928.83	0.2328	9.791	0.7244
3253004	-53.3978	-32.0126	Herval	895.96	0.1209	9.791	0.7244
3353001	-53.9014	-31.2267	Bagé	760.31	0.1129	9.791	0.7244

CONHEÇA A EQUIPE

DESENVOLVEDORES DA IDFGeo



ARYANE ARAUJO RODRIGUES

Engenheira Hídrica (UFPeI)

Mestra em Ciências Ambientais (UFPeI)

Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (UFPeI)

Pesquisadora no Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas



FELIPE SARAIVA DOS SANTOS

Graduando em Engenharia da Computação (UFPeI)

Front-end developer

Universidade Federal de Pelotas



TAMARA LEITZKE CALDEIRA BESKOW

Engenheira Hídrica (UFPeI)

Doutora em Recursos Hídricos (UFPeI)

Docente na Universidade Federal de Pelotas

Pesquisadora no Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas

CONHEÇA A EQUIPE

DESENVOLVEDORES DA IDFGeo



TIRZAH MOREIRA SIQUEIRA

Engenheira de Bioprocessos e Biotecnologia (UERGS)
Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento
Ambiental (UERGS)
Docente na Universidade Federal de Pelotas (UFPeI)
Pesquisadora no Grupo de Pesquisa em Hidrologia
e Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas



SAMUEL BESKOW

Engenheiro Agrícola (UFPeI)
Doutor em Engenharia Agrícola (UFLA/Purdue
University – IN, EUA)
Docente na Universidade Federal de Pelotas
Pesquisador no Grupo de Pesquisa em Hidrologia
e Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas

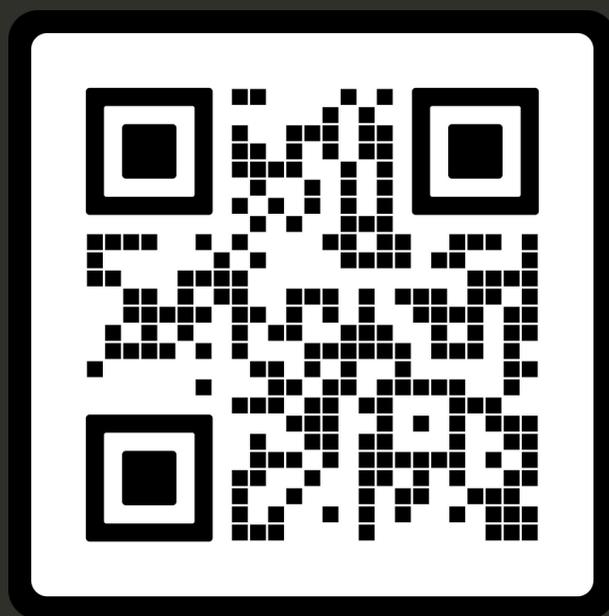
Fale conosco



e-mail:
idfgeo1@gmail.com



Acompanhe o
GPHidro nas redes



aponte a câmera do seu celular

